

Jaakko Räisänen

**OPTILOAD-KALANTERIEN LÄMMITYS- JA
JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMIEN SELVITYS**

OPTILOAD-KALANTERIEN LÄMMITYS- JA JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMIEN SELVITYS

Jaakko Räisänen
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotantotalous

Tekijä: Jaakko Räisänen

Opinnäytetyön nimi: OptiLoad-kalanterien lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien selvitys

Työn ohjaajat: Antero Sipola, Esa Yliherva ja Helena Tolonen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2016 Sivumäärä: 74 + 7 liitettä

Tässä työssä selvitettiin Stora Enso Oyj:n Nuottasaaren PK7-linjan OptiLoad-kalanterien lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä esiintyviä ongelmia ja pyrittiin löytämään niihin ratkaisut. Lisäksi tavoitteena oli täydentää järjestelmien ennakkohuolto-ohjelmaa ja päivittää lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien turvallisuustoimenpidekaavakkeet. Tämän selvityksen tulosten avulla pyritään vähentämään järjestelmien häiriöistä ja vikaantumisista aiheutuvia käyttökatoja OptiLoad-kalanterilla ja estämään tuotannon tehokkuuden laskua sekä säästämään kunnossapidon kustannuksissa tulevaisuudessa.

Selvityksessä käytettyjä menetelmiä tutkimusongelmien ratkaisemiseksi olivat muun muassa trendien analysointi, kunnossapito- ja tuotanto-organisaatioiden haastattelut ja lämpötila- ja painemittaukset mittaustuloksien analysointien kanssa. Lisäksi yhteistyö höyry- ja lauhdejärjestelmiin erikoistuneen yrityksen kanssa, perehtyminen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän tietoihin sekä muiden tietojärjestelmien tutkiminen mahdollistivat ongelmien lähteille pääsemisen.

Työssä on esitetty parannusehdotuksia lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän ennakkohuolto-ohjelmaan ja esiintyviä ongelmia kuten lämmitys- ja paineongelmia on ratkaistu kunnossapitotöiden avulla kunnossapitoseisokeissa. Suoritetuista toimenpiteistä olivat muun muassa ilmanpoistimien, muttaskujen, paisuntasäiliön palkeen, painemittareiden sekä lauhdesäiliön tyhjennyslinjan takaiskuventtiilin tarkistukset. Työn edetessä havaittiin ongelmia lämmönvaihtimissa, höyryventtiilissä ja paisuntasäiliössä. Ongelmakohtia korjattiin ja osa korjauksista tullaan suorittamaan tulevaisuudessa kunnossapito- tai paperikonelinjan jälkikäsitteilyseisokeissa.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmille tehtyjen kunnossapitotöiden avulla poissuljettiin ja ratkaistiin järjestelmien ongelmien aiheuttajia. Työn edetessä laadittiin turvallisuustoimenpidelomakkeet kunnossapitotöiden aloittamista varten sekä parannusehdotuksia ongelmien vähentämiseksi tulevaisuudessa. Selvitys ja sen aikana suoritettavat toimenpiteet täyttivät opinnäytetyölle asetetut tavoitteet.

Avainsanat: lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä, kunnossapito, ennakkohuolto-ohjelma, OptiLoad-kalanteri

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences

Degree programme in Mechanical and Production Engineering, Production Economics

Author: Jaakko Räisänen

Title of thesis: Analysis of heating and cooling systems of OptiLoad calenders

Supervisors: Antero Sipola, Esa Yliherva and Helena Tolonen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2016 Pages: 74 + 7 appendices

The aim of this thesis was to find and unravel solutions to the occurring problems in the heating and cooling systems of OptiLoad calenders in paper machine line 7 in Stora Enso, Nuottasaari. In addition, the aim was to update and rebuild the preventive maintenance program of the system and to elaborate the safety documentation forms, which are needed in the preparations before starting the maintenance work. With the help of the results of this investigation, the aim is to reduce the number of unscheduled process downtimes caused by a machine failure, to prevent a decrease in production efficiency, and to receive savings in maintenance costs in the future.

The methods used in this research for diagnosing the problems of the heating and cooling systems are such as analysis of trends, interviews of maintenance and production organizations, and measurement of temperature and pressure, and analysis of the measurement results. In addition, cooperation with a specialized company of steam and condensate systems, familiarization with the heating and cooling systems materials and studies of other sources of information made the finding of the root causes possible.

During the progress of the analysis, suggestions for improvements for the preventive maintenance programs were recommended, and the faced problems such as temperature and pressure were repaired by the maintenance work during maintenance shutdowns. The maintenance work carried out to fix the problems with heating and cooling systems were i.a. checking the ventilation sections, filters, pressure gauges, expansion tank, and the non-return valve in the condensate drain line. Problems were also found in heat exchangers and steam valves. The found problems were repaired, and some maintenance work will be carried out in the future during planned maintenance shutdowns.

With the maintenance work for the heating and cooling systems, the found sources of the problems were resolved and ruled out. During the progress of the study, new safety forms were made and proposals for improvements were created to reduce problems in the future. The thesis and the methods chosen in the period met the goals set for the OptiLoad calender research.

Keywords: heating and cooling system, maintenance, preventive maintenance program, OptiLoad calender

ALKULAUSE

Haluan kiittää Efora Oy:n kunnossapitoinsinööri Antero Sipolaa ja kunnossapito-palvelupäällikkö Esa Ylihervaa mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta ja mahdollisuudesta työn tekemiseen Efora Oy:lle. Haluan kiittää yhteistyöstä Efora Oy:n työnjohtaja Olli Ylikörkköä, automaatioasentaja Rauno Marjaniemeä ja Stora Enso Oyj:n tuotantomestari Rami Keisua sekä kalanterien prosessinhoitajia. Kiitokset myös Spirax Oy:n Juha Kettuselle ja Esa Haapalaaksolle asiantuntemuksesta ja yhteistyöstä. Lisäksi haluan kiittää lehtori Helena Tolosta työn ohjauksesta.

Oulussa 4.5.2016

Jaakko Räisänen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
2 KUNNOSSAPITO	11
2.1 Kunnossapidon määrittely	11
2.2 Ehkäisevä kunnossapito	13
2.2.1 Jaksotettu kunnossapito	14
2.2.2 Kuntoon perustava kunnossapito	15
2.3 Kunnossapitoseisokki	17
2.4 Vikaantuminen ja korjaava kunnossapito	18
2.5 Kunnossapidon talous	21
2.6 Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä	23
3 KALANTEROINTI	24
3.1 Kalanteroinnin periaate	24
3.2 OptiLoad-kalanteri	26
3.2.1 Rakenne	26
3.2.2 Telat	27
3.2.3 Automaatio ja ohjaus	27
4 HÖYRY- JA LAUHDEJÄRJESTELMÄ	29
4.1 Höyry	29
4.1.1 Höyryn käyttökohteet	32
4.1.2 Höyryn jakelu	33
4.2 Höyryn lauhtuminen	33
5 LÄMMITYS- JA JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ	36
5.1 Toimintaperiaate	36
5.2 Lämmitys ja jäähdytysjärjestelmän rakenne	37
5.2.1 Pumput	37
5.2.2 Säätoventtiilit	38

5.2.3 Lämmönvaihtimet	39
5.2.4 Lauhteenpoisto ja -talteenotto	40
5.2.5 Paisuntasäiliö	41
5.3 Lämpötilan säätö	42
5.3.1 Säätimen tila	43
5.3.2 Pakko-ohjaus	43
6 LÄMMITYS- JA JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMIEN NYKYTILA	44
6.1 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmään sekä ympäristöön perehtyminen	44
6.2 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien häiriöt ja ongelmat	47
6.2.1 Paine- ja lämpötilaongelmat	47
6.2.2 Vuodot	48
6.2.3 Lauhteen poistuminen	52
6.2.4 Lämmitys ja jäähdytysjärjestelmän ennakkohuollot	53
7 TOIMENPITEET JA PARANNUSEHDOTUKSET	55
7.1 Menetelmiä työturvallisuuden parantamiseksi	55
7.1.1 NET-lomakkeet	55
7.1.2 Komponenttien tunnistekyltit ja komponenttien lisäys	56
7.2 Menetelmiä ongelmien selvittämiseksi	57
7.2.1 Kunnossapitoseisokit	57
7.2.2 Jälkikäsitteilyseisokit	59
7.2.3 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien lauhteenpoisto	60
7.3 Parannusehdotukset	63
7.3.1 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien tulevat kunnossapitotyöt	64
7.3.2 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien uudistusehdotukset	65
7.3.3 Henkilöstön perehdyttäminen	66
7.3.4 Ennakkohuolto-ohjelma	67
8 YHTEENVETO	69
LÄHTEET	71
LIITTEET	
Liite 1 Kalantereiden höyry- ja lauhdejärjestelmän PI-kaavio	
Liite 2 SK71 & SK72 Lauhdesäiliön turvallisuustoimenpiteet	
Liite 3 SK71 höyryventtiilin vaihdon turvallisuustoimenpiteet	
Liite 4 SK71 lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän töiden turvallisuustoimenpiteet	

SANASTO

HVP	välipainehöyry
NET	nollaenergiatila
PI-kaavio	putkitus- ja instrumentointikaavio
PK7	paperikonelinja 7
raina	paperin valmistuksessa syntyvä jatkuva rata
SK71 & SK72	paperikonelinja 7:n OptiLoad-kalanterit 71 ja 72

1 JOHDANTO

Tämä insinöörityö on tehty Nuottasaaren Stora Enso Oyj:n tehtaalla Efora Oy:lle. Opinnäytetyön aihe on OptiLoad-kalanterien lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän selvitys. Työssä paneudutaan OptiLoad-kalantereiden lämmitys- ja jäähdytyspiireissä esiintyviin ongelmiin ja niiden ratkaisemiseen. Järjestelmissä esiintyviä ongelmia ovat olleet muun muassa telaston lämpenemisongelmat, paineiskut, painehälytykset ja lauhteenpoisto. Lisäksi järjestelmissä ja niiden komponenteissa on ollut muita pieniä häiriöitä ja vikaantumisia, jotka ovat vaatineet kunnossapitoa.

Tavoitteena on myös päivittää ja kehittää kalantereiden nykyistä ennakko-ohjelmaa käyttövarmuuden parantamiseksi. Ohjelman parantamiseksi työssä perehdytään nykyiseen ennakko-ohjelmaan ja nykyisen ohjelman tueksi esitetään parannusehdotuksia. Lisäksi ennakko-ohjelmaan on tavoitteena lisätä uusia töitä analysoimalla häiriö- ja vikatilanteiden ja kunnossapitoseisokkien yhteydessä tehtyjä kunnossapitotöitä ja niiden vaikutusta järjestelmän toimintaan.

Ongelmia pohditaan kunnossapidon ja tuotannon näkökulmasta. Tavoitteena on analysoida lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien ongelmien aiheuttajat ja löytää ratkaisut havaittuihin ongelmiin. Ongelmien selvittämiseksi järjestelmän toimintaperiaatteeseen on perehdytty perusteellisesti. Efora Oy:n kunnossapitohenkilöstön ja Stora Enso Oyj:n operaattoreiden haastattelut, käyttö- ja huolto-ohjeet yhdessä PI-kaavioiden kanssa sekä vika historian seuranta SAP-tietojärjestelmästä mahdollistavat tuloksellisen ja nopean perehtymisen järjestelmän toimintaan sekä järjestelmän yleisimpiin ongelmiin.

Stora Enso Oyj on paperi, pakkaus-, biomateriaali- ja puutuoteteollisuuden globaali edelläkävijä, joka työllistää noin 26 000 työntekijää yli 35 eri maassa. Stora Enso Oyj:n organisaatio koostuu viidestä päädivisioonasta, ja yrityksen liikevaihto vuonna 2015 oli noin 10,0 miljardia euroa. Perinteinen paperinvalmistus kartongin valmistuksen ohella on edelleen yksi merkittävimmistä Stora Enson liiketoiminta-alueista. Paperin vuotuinen tuotantokapasiteetti oli noin 6,4 miljoonaa tonnia vuonna 2015. (1.)

Stora Enso Oyj:n Oulun Nuottasaaren tehdas on yksi maailman suurimmista puuvapaiden taidepainopaperien tuottajista, jonka vuotuinen tuotantokapasiteetti on noin 1 125 000 tonnia. Stora Enson Oulun tehdas koostuu sellutehtaasta, voimalaitoksesta, kahdesta paperikoneesta sekä arkittamosta. Lisäksi tehdasalueella on useita kemiantehtaita. Oulun Nuottasaaren tehtaalla on noin 650 henkilöä Stora Enso Oyj:n palveluksessa. Sellutehtaan alueella sijaitseva voimalaitos mahdollistaa höyryn ja sähkön saannin tehdasalueella. (2.)

Efora Oy on vuonna 2009 perustettu Stora Enso Oyj:n tytäryhtiö, joka on erikoistunut teollisuuden kunnossapito- ja insinööripalveluihin. Efora Oy työllistää Suomessa noin 920 työntekijää tarjoten jatkuvia kunnossapitosopimuksia, insinööripalveluita sekä erikoispalveluita kuten tela- ja pumppuhuoltoja. Efora Oy vastaa Oulun Nuottasaaren tehtaan kunnossapidosta pyrkien hallitsemaan tuotantolinjojen elinkaaren, maksimoimaan tuotantotehokkuuden sekä turvaamaan häiriötömän käynnin älykkäillä ratkaisuilla. (3.)

2 KUNNOSSAPITO

Yhteiskunnan kehityksen ja prosessien muutosten myötä kunnossapidon merkitys on muuttunut ja se on noussut yhä tärkeämpään rooliin. Kunnossapito on ennen mielletty vikojen korjaamisena. Kunnossapidolliset tehtävät on perinteisesti ajateltu pelkästään kunnossapito-osaston tehtäviksi. (4, s. 11; 5, s. 17.)

Laitteiden toimintakunnon valvominen ja hoitaminen yrityksissä tulisi olla jokaisen laitteen kanssa tekemisissä olevan henkilöryhmän vastuulla. Yrityksessä käyttöhenkilöstö huolehtii laitteen ammattimaisesta ja oikeasta käytöstä sekä koneen kunnon- ja toiminnanvalvonnasta. Korjauksista, remonteista, vaativasta kunnonvalvonnasta sekä ennakkohuolloista vastaa kunnossapito. (5, s. 17.) Kunnossapitoa on vaikea määritellä yhtenä käsitteenä, ja useat määritelmät poikkeavat toisistaan.

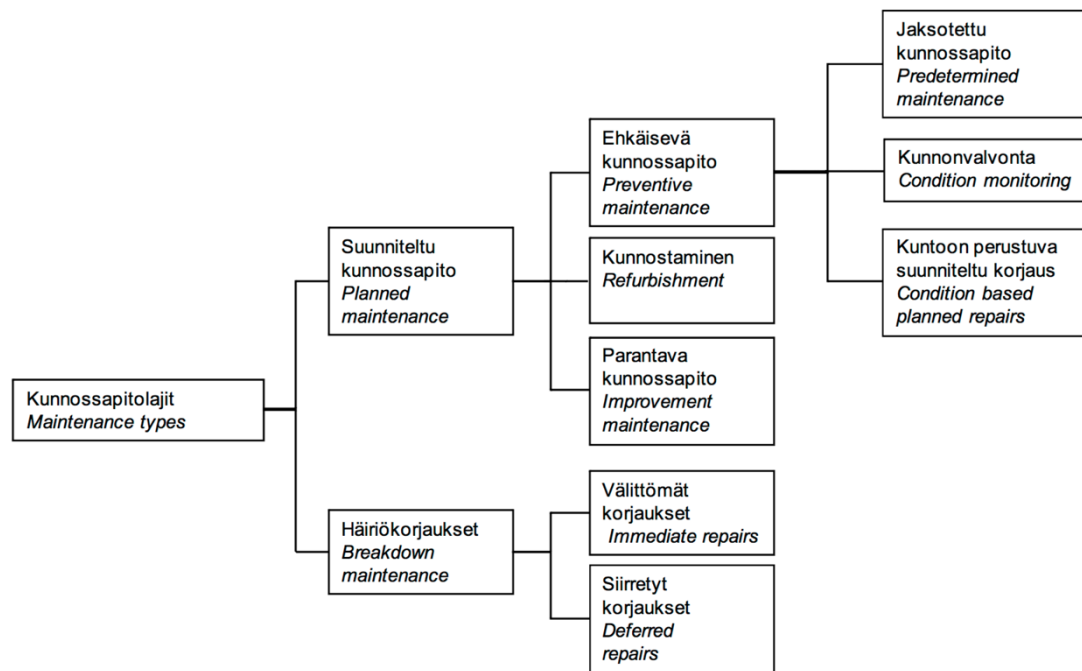
2.1 Kunnossapidon määrittely

Kirjallisuudessa kunnossapitoa on määritelty esimerkiksi monien standardien avulla. Useille, etenkin vanhemmille standardeille yhdistävänä tekijänä ovat olleet korjaavan kunnossapidon käsitteet ja terminologia. Nykyaikaisessa globaalissa yhteiskunnassa kunnossapitoa ei ajatella vain korjaavana toimenpiteenä. Nykyisin kunnossapito ajatellaan laajempänä kokonaisuutena osana tuotanto-omaisuuden hallintaa ja tuotantokyvyn ylläpitämistä, säilyttämistä ja kehittämistä. (5, s. 19.)

Standardin PSK 6201:2011 (6, s. 2) mukaan ”kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana”. Myös käsitteet käyttö, käynnissäpito, logistiikka, parannus, muutos ja tehdaspalvelu liittyvät läheisesti kunnossapidon määrittelyyn.

Standardissa PSK 7501:2010 (7, s. 5) kunnossapitolajien jakoperustaksi on otettu vikaantumisen seurannaisvaikutukset tuotannon suhteen. Häiriö on vika tai virhetoiminto, joka vaikuttaa tai estää kohteen toimintaa sille suunnitellulla ta-

valla. Kunnossapitotyöt on jaettu häiriökorjauksiin ja suunniteltuun kunnossapitoon. Häiriökorjauksissa korjaaminen suoritetaan häiriön vaatimalla tavalla. Suunnitellussa kunnossapidossa kunnossapitotyöt tehdään suunnitellun ohjelman mukaisesti. Suunniteltu kunnossapito sisältää ehkäisevän kunnossapidon, kunnostamisen ja parantavan kunnossapidon. Kunnossapitolajit on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Standardin PSK 7501:2010 kunnossapitolajit (7, s. 32)

Kunnostustarpeesta hankitaan tietoa ehkäisevän kunnossapidon sisältämien jaksoitetun kunnossapidon ja kunnonvalvonnan avulla. Standardissa PSK 6201:2011 kunnonvalvonta ja kuntoon perustava suunniteltu korjaus on yhdistetty yhdeksi kuntoon perustuvaksi kunnossapidoksi. Standardin PSK 7501:2010 mukaan kunnostamisella laite palautetaan toimintakuntoon korjaustoimenpiteillä, jotka eivät häiriinnyttä prosessin toimintaa. Kunnostamiset suoritetaan tavanomaisesti korjaamalla. Parantava kunnossapito sisältää toimenpiteistä, joiden avulla muutetaan laitteen rakennetta kunnossapidettävyyden ja toimintavarmuuden ja parantamiseksi. Kunnostaminen ja häiriökorjaukset ovat korjaavaa kunnossapitoa. Korjaavaa kunnossapitoa on myös jaksotettukunnossapito, jota toteutetaan muun muassa suunniteltujen kunnossapitoseisokkien ja käynnin aikana. (5, s. 47; 7, s. 5.)

Kunnossapito-kirja (5, s. 19) määrittelee kunnossapidolle kuuluvan seuraavia asioita: laitteen toimintakunnon ylläpitäminen, laitteen käytön turvallisuus, laitteen laaduntuottokyky sekä laitteen elinjakson hallinta ja jäljellä olevan elinjakson määrittäminen. Lisäksi oikeiden käyttösuhteiden noudattaminen, kunnostamisella palauttaminen alkuperäiseen kuntoon, koneen modernisointi, suunnitteluheikkouksien korjaaminen, käyttö- ja kunnossapitotaitojen kehittäminen sekä laitteen toiminnasta kerätyn tiedon analysointi ja johtopäätösten tekeminen ovat kaikki kunnossapidolle kuuluvia aiheita.

RCM (releability centered maintenance) tarkoittaa luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa. RCM on työkalu, jolla kehitetään koneelle tai sen komponentille kunnossapito-ohjelma. On tärkeä tuntea prosessit ja laitteet niin, että kunkin komponentin kohdalla voidaan valita parhaiten soveltuva kunnossapidon strategia. RCM-menetelmässä analysoidaan ensin kaikki prosessit, niiden kriittisyydet ja näiden pohjalta kunnossapidon tarve. (5, s. 161.)

2.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä kunnossapidolla tarkoitetaan ennalta suunniteltua ja säännöllistä toimintaa, jota tehdään koneen käydessä, erillisten seisokkien sekä häiriöseisokkien yhteydessä. Ehkäisevän kunnossapidon tavoitteena on vikaantumisen vähentäminen, joten myös parantava kunnossapito sekä vikojen analysointi voidaan sisällyttää ehkäisevään kunnossapitoon joidenkin näkemysten mukaan. (5, s. 96.)

Standardi PSK 6201:2011 (6, s. 22) määrittelee ehkäisevän kunnossapidon seuraavasti. ”Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen.”

Ehkäisevään kunnossapitoon lasketaan myös ennustava kunnossapito, jolloin erilaisin mittauksin pyritään selvittämään koneen ja sen osien kunnon tasoa. Näitä mittaustekniikoita ovat muun muassa värähtelyanalyysit, öljyanalyysit ja infrapunakuvaus. Mittaus voi olla suoraa esimerkiksi kulumisen ja värähtelyn mittaamista tai epäsuoraa, kuten öljyanalyysit, jolloin tutkitaan voiteluaineen sisältämiä partikkeleita ja geometriaa. (5, s. 96.)

Koneen luotettavan toiminnan lähtökohtana on häiriöttä toimiminen, jolloin kone kykenee toteuttamaan halutun toiminnon suunnitellulla tavalla luotettavasti. Tehokkaan ja tuottavan kunnossapidon edellytyksenä on ennakkoiva ja systemaattinen kunnossapito-osaston toiminta. Hyvä kunnossapitotöiden suunnittelu ja aikataulutus määrittelevät ehkäisevän kunnossapidon tehokkuuden. Sanotaan, että on hyvä tietää noin kolme viikkoa ja 80 prosenttia työkuormasta etukäteen, jotta kunnossapito on hyvällä tasolla. Tämä mahdollistaa suunniteltavien toimenpiteiden varaosien ja tarvikkeiden oston sekä töiden aikataulutuksen, jolloin tuotannon häiriintyminen on mahdollisimman vähäistä. (5, s. 97.)

Ehkäisevän kunnossapidon avulla prosessien luotettavuutta voidaan parantaa jopa täysin varmaksi resurssien sallimissa rajoissa. Vaikka prosesseissa riskien luotettavuustason määrittely on taloudellinen asia, tapaturmista tai ympäristövaHINGOISTA puhuttaessa on moraalisesti kyseenalaista määrittää riskit rahallisesti. (5, s. 97.)

2.2.1 Jaksotettu kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito koostuu tekniikoista, joiden avulla hallitaan ja estetään vikaantumisia työkohteissa. Käytettyjä tekniikoita ovat muun muassa komponenttien vaihtaminen ja huoltaminen sekä vikojen seuranta ja vikojen etsiminen. Toimenpiteet voidaan suorittaa jaksotetusti tai jatkuvasti tai ne suoritetaan tarvittaessa. Jaksotettu kunnossapito on määräajoin suoritettua toimintaa, jossa aikaväli määräytyy esimerkiksi kalenteriajan, käyttöajan tai käyttömäärän, tuotantomäärän tai energian käytön mukaan. Myös käytön rasittavuus on huomioitava ajanjaksoa suunnitellessa. (5, s. 49; 6, s. 22.)

Jaksotettua kunnossapitoa ovat toiminnot kuten huolto, tilanteen mukainen huolto sekä korjaava kunnossapito. Jaksotettu huolto sisältää määräajoin tehtäviä toimenpiteitä, joilla pidetään koneiden toimintaympäristö ja toimintaedellytykset parhaassa mahdollisessa tilassa ilman ennakkoon tehtyjä viankartoituksia. Jaksotetun huollon toimia ovat muun muassa kohteen tarkastamisen, säätämisen, puhdistamisen, rasvaaminen, öljyn vaihdot, suodattimien vaihdot sekä muita vastaavia toimenpiteitä. Huollot suoritetaan tilanteen mukaisesti kohteen, tuotannon tai organisaation sallimissa rajoissa. (5, s. 49 - 50; 6, s. 22.)

Häiriökorjaukset ja kunnostaminen ovat korjaava kunnossapitoa. Korjaava kunnossapito jaotellaan omaksi kunnossapitolajiksi kirjallisuudessa ja monissa standardeissa. Kunnostaminen ja häiriökorjaukset mielletään kuitenkin osana jaksotettua kunnossapitoa suunniteltujen kunnossapitoseisokkien ja käynnin aikana tehtyjen toimien vuoksi. (7, s. 5.)

Työkuormien huomiointi sekä aikatauluttaminen ovat perustana töiden hallinnalle ja toimivan ennakkohuolto-ohjelman rakentamiselle. Ennakkohuolto-ohjelmien avulla pyritään karsimaan korjaavan kunnossapidon toimintaa. Toimintatavat sisältävät kuitenkin paljon yhteneväisyyksiä ja täydentävät toisiaan. Ehkäisevän kunnossapidon ja ennakkohuolto-ohjelman suunnittelu on haastava osa-alue kunnossapidossa. Suunnittelua ohjaavia tekijöitä ovat muun muassa aikaisemmat kokemukset vikaantumisesta, varaosat ja niiden käyttömäärät, koneen ja sen osien toimintatavat sekä koneen valmistajan suositukset. (5, s. 99 - 109.)

Tutkimuksien mukaan ehkäisevällä kunnossapidolla on suuri taloudellinen merkitys erityisesti kalliita laitteita ja koneita käyttävässä prosessiteollisuudessa. Suunniteltu kunnossapitotyö on noin 4 - 10 kertaa tehokkaampaa kuin suunnittematon kunnossapitotyö. Suunniteltujen kunnossapitotöiden kustannukset ovat siten merkittävästi alhaisemmat. (5, s. 103.)

2.2.2 Kuntoon perustava kunnossapito

Standardissa PSK 7501:2010 kunnan valvonta ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus on esitetty ehkäisevän kunnossapidon kunnossapitolajeina. Myöhemmin standardissa PSK 6201:2011 kunnan valvontaan liittyvät kunnossapitolajit on yhdistetty yhdeksi kuntoon perustuvaksi kunnossapitolajiksi. Kunnanvalvonnan ja kuntoon perustuvan suunnitellun korjauksen tavoitteina on vähentää vikaantumisien todennäköisyyttä ja ehkäistä komponentin tai koneen toimintakyvyn heikentymistä. (5, s. 50; 5, s.22; 7, s. 32.)

Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa havaittujen kohteiden korjaukset ja huollot suunnitellaan kunnanvalvonnan ja tarkastustoiminnan pohjalta. Kunnanvalvonnan menetelmiä ja toimenpiteitä ovat muun muassa aistein sekä automaatioon pohjautuvien mittalaitteiden avulla suoritettu valvonta sekä tarkastaminen.

Lisäksi useat eri testaukset, vikaseuranta, toimintakunnon toteamiset, määräysten mukaiset tarkistukset sekä käynnin valvonta ovat keinoja, joiden avulla seurataan koneiden kuntoa käynnin tai seisokin aikana. Kunnonvalvonnan avulla määritellään koneen tai laitteen kunnon nykytila analysoimalla mittatuloksia ja toimintakunnon selvityksiä. (5, s. 50; 6, s. 23.)

Kuntoon perustava suunniteltu korjaus on osa ehkäisevää kunnossapitoa. Suunnitelmalliseen korjaavaan kunnossapitoon sisältyviä toimenpiteitä ovat esimerkiksi vian määrittäminen, vian tunnistaminen, vian paikallistaminen, korjaaminen, väliaikainen korjaaminen sekä toimintakuntoon palauttaminen. Useissa standardeissa suunniteltu kuntoon perustuva korjaaminen määritellään osaksi korjaava kunnossapitoa tai korjaamista, minkä seurauksena suomalaiset kunnossapitotilastot poikkeavat usein ulkomaalaisista. (5, s. 51.)

Tuotantokoneiden kehittymisen ja niitä ohjaavien prosessoreiden lisääntymisen myötä vikojen ja vikaantumistietojen kerääminen ja analysoiminen on helpottunut. Tietojen kuten koneen käyttötavan, kuormituksen sekä käyttöolosuhteiden analysointi mahdollistavat vian juurisyyn selvittämisen. Tavallisimpia vian selvitykseen käytettyjä menetelmiä ovat muun muassa vika-analyysi, simulointi, mallintaminen, juurisyyn selvittäminen, materiaalin ja suunnittelun analyysit sekä vikaantumispotentiaalin kartoitukset. Korjaavat toimet voidaan suunnitella ja toteuttaa tehokkaasti vikasyyn sekä vikaantumistavan selviytyttyä ja tulevaa vikaantumista voidaan ehkäistä jopa 90 %. (5, s. 52.)

Ehkäisevän kunnossapidon keinoin pyritään estämään kaikki tunnetut toimintahäiriöistä aiheutuvat vikaantumiset koneessa tai laitteessa. Kunnossapitotöitä, töiden aikataulusta ja seuranta hallitaan esimerkiksi ennakko-ohjelmilla. Kunnossapito-ohjelmilla pyritään saavuttamaan korkea koneiden ja laitteiden toimintavarmuus, minkä seurauksena ohjelmat ovat usein ylikuormitettuja. Valmistajien ohjeistuksien ylittämiset koneen moitteettoman toiminnan turvaamiseksi sekä tehottomien työmenetelmien sisältyminen ohjelmiin ovat osasyitä kunnossapito-ohjelmien tehottomuudelle. Ennakko-ohjelmien tehottomuuden välttämiseksi ohjelmia suunnitellaan muun muassa kriittisyysanalyysien sekä RCM-analyysin avulla, joissa suunnittelutyöt rajataan ja vaiheistetaan tarkoin. (5, s.100.)

2.3 Kunnossapitoseisokki

Kunnossapitoseisokit ovat yleinen tapa hoitaa laitoksen kunnossapitotyöt pääomavaltaisessa teollisuudessa, jossa tuotantoprosessin pysäyttäminen ja käynnistäminen vaativat paljon aikaa. Prosessin katkeaminen aiheuttaa yrityksille suuria kustannuksia, joten kunnossapitoseisokkeihin valmistautuminen ja suunnittelun merkitys korostuvat. Kunnossapitoseisokit voidaan jakaa suunniteltuihin ja suunnittelemattomiin kunnossapitoseisokkeihin. (4, s. 73 - 74.)

Kunnossapitokirjan (4, s. 74) mukaan suunnitellut seisokit suunnitellaan 100 %:n suunnitteluasteella. Suunnittelussa kunnossapitoseisokissa kunnossapitotyöt toteutetaan ennalta laaditun suunnitelman mukaisesti. Suunnitellun kunnossapitoseisokin työlista koostuu pääsääntöisesti ennalta suunniteltujen määräaikaishuoltojen toteutuksesta ja laitteiden siirrettyjen häiriöiden korjaamisista. Siirretty häiriö on tilanne, jossa prosessia jatketaan saattamalla laiteen häiriö tilapäiseen toimintakuntoon ohittamalla tai kunnostamalla laite. Siirrettyjen korjausten tai muutosten seurauksena prosessia ei tarvitse pysäyttää sillä hetkellä ja lopulliset laitteen vaatimat kunnossapitotyöt voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti ja suunnitelmallisesti.

Seisokkien suunnitteluun osallistuvat kaikki siihen osalliset ryhmät kuten kunnossapitäjät, prosessin käyttöhenkilöt, yrityksen johtoporras sekä ulkopuoliset alihankkijat. Jokaisen ryhmän toimenpiteet ja määrittelyt on käytävä läpi. Suunnittelua varten sovitaan kokouksia, joissa sovitaan muun muassa tiedottamisesta, toimenpideluettelosta, seisokin johtamisesta sekä seurannasta. (4, s. 73 - 74.)

Suunnitellun kunnossapitoseisokin toteutumisen edellytyksenä on, että päätös tulevasta seisokista on tehty hyvissä ajoin. Kaikki kunnossapidon toimintoihin liittyvät valmistelut on kyettävä toteuttamaan ajoissa. Työtapaturmien yleistyminen kunnossapitoseisakeissa on huolestuttava kehityspiirre, jota voidaan ennaltaehkäistä huolellisella suunnittelulla seisokkien korjaustöitä suunniteltaessa. Seisokkien jälkeinen raportointi ja kokoontuminen yhteen kaikkien ryhmien kanssa on tarpeellista tulevia seisokkeja kehittäessä. Seisokkien jälkeen tulee pohtia mikä on seisokin aiheuttaja ja onko tarvetta juurisyyanalyysille. Lisäksi on mietittävä, voidaanko vastaava seisokki välttää tulevaisuudessa ja onko kunnonvalvontaa ja

ennakkohuoltoa tehostettava tai kehitettävä. Jatkuva kehittyminen ja toiminnan kehittäminen ovat elintärkeitä ominaisuuksia menestyvälle yritykselle, joten on syytä tarkastella yleisesti seisokeista kertynyttä oppia. (4, s. 73 - 74; 5, s. 107.)

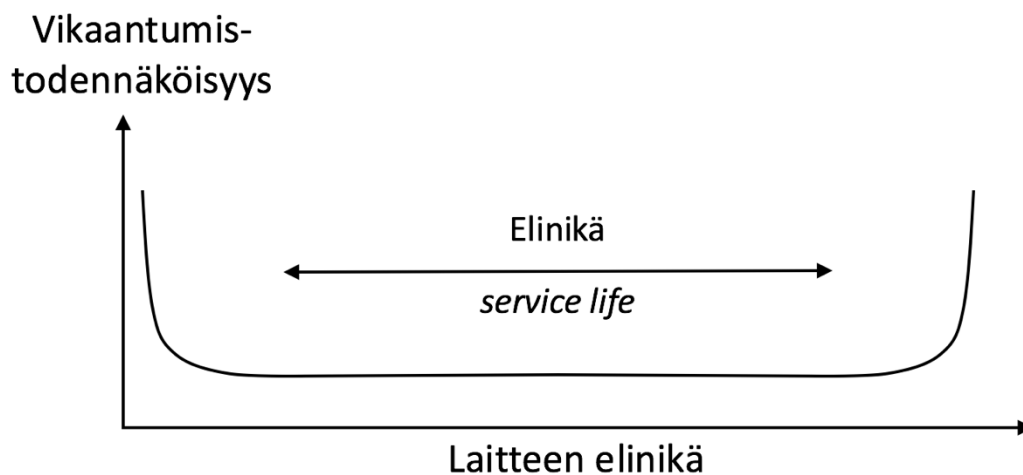
Suunnittelematon kunnossapitoseisokki eli häiriöseisokki toteutuu välittömän häiriön sattuessa, jolloin ennakoidun vian seurauksena prosessi pysähtyy. Vika on korjattava yleensä välittömästi, eikä tällöin työsuunnitteluun jää aikaa. Häiriöseisokkien toiminta painottuu yleisesti vikaantumisen aiheuttajan määrittämiseen sekä vian korjaamiseen. Kunnossapitotoiminnot joudutaan suunnittelemaan saatavilla olevan informaation perusteella niin, että työt voidaan suorittaa turvallisesti ja järkevästi määräyksiä noudattaen. (4, s. 73 - 74; 5, s. 107 - 108.)

Suunnittelemattomien kunnossapitoseisokkien yhteydessä on järkevää suorittaa myös muita tarpeellisia ja ehkäiseviä kunnossapitotöitä, jotka vaativat prosessin pysäyttämistä. Prosessin uudelleen käynnistäminen mahdollisimman nopeasti on yleensä välttämätöntä, joten häiriöseisokkien venyminen muiden töiden osalta ei ole mahdollista. Kunnossapitotöiden suunnittelu huolelliseksi ja tehokkaaksi on tärkeää, jotta ne voidaan toteuttaa mahdollisimman hyvin häiriön yllättäessä. Kunnossapitotöiden tehokkuuteen voidaan vaikuttaa suunnittelulla ja muiden kaupallisten asioiden, kuten hintojen ennalta sopimisella. Häiriötilanteen sattuessa voidaan keskittyä vain vikojen korjaamiseen, töiden valvontaan ja johtamiseen. (4, s. 73 - 74; 5, s. 107 - 108.)

2.4 Vikaantuminen ja korjaava kunnossapito

Nykyaikaisella kunnossapidolla pyritään välttämään korjaamista ja estämään vikaantuminen ennen vian syntymää. Japanilaisen filosofian mukaan tuotteet suunnitellaan laadultaan niin kestäviksi ja luotettaviksi, ettei vikaantumisia synny ilman ulkoisia tekijöitä, jotka eivät vastaa laitteelle suunniteltua toimintaa. Tämän filosofian mukaan vika mielletään tahallaan aiheutetuksi tai sen sallitaan tapahtuvan. Tehokkaalla huoltamisella, ammattitaitoisella käyttö- ja kunnossapito-osaamisella, hyvillä käyttöolosuhteilla sekä tarkan tietämyksen ja ohjeistuksien myötä kehittyneillä toimintatavoilla laitteet voidaan pitää toimintakunnossa, jossa ne saavuttavat niille suunnittelun eliniän. (4, s. 48; 5, s. 69 - 70.)

Kunnossapidossa on tärkeä ymmärtää vikojen syntymä- ja kehittymismekanismit. Vikaantuminen on yleensä useiden kehittyvien tapahtumien summa, jota voidaan ennaltaehkäistä ymmärtämällä vian aiheuttajia ja vian syntyä. Mikäli konetta tai laitetta käytetään sen suunnitellulla tavalla oikeassa toimintaympäristössä, laitteen oletetaan kestävän sen suunnitellun eliniän. Perinteinen käsitys laitteen eliniästä ja sen vikaantumisen todennäköisyydestä on esitetty kuvassa 2. (4, s. 48; 5, s. 69 - 70.)

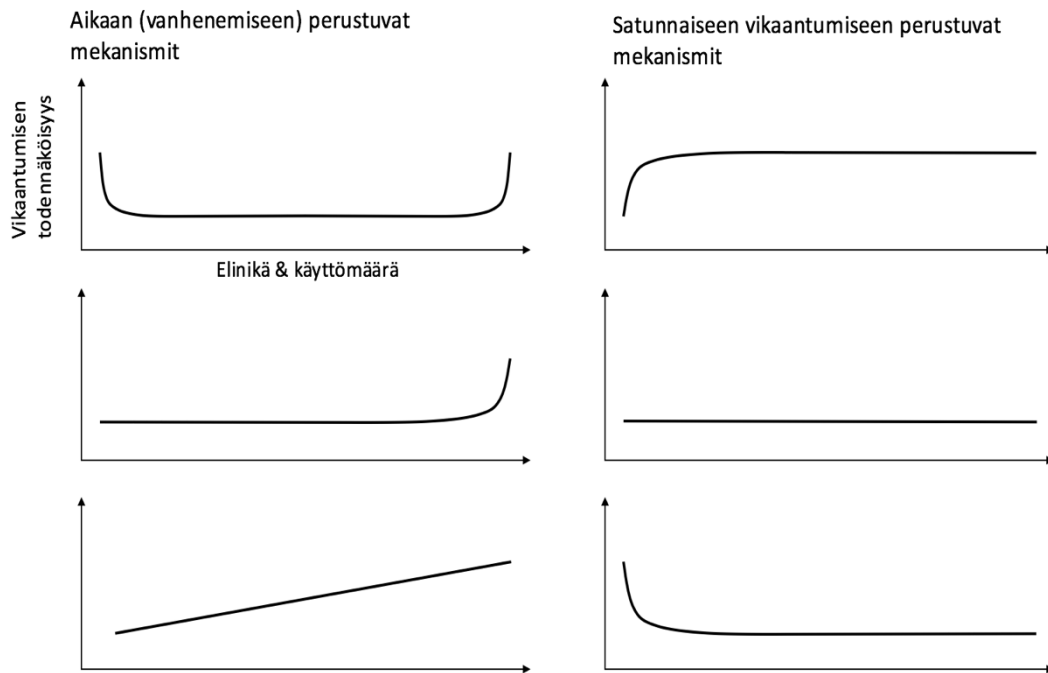


KUVA 2. Perinteinen käsitys vikaantumisen todennäköisyydestä eliniän aikana (4, s. 52)

Kuvassa 2 esitetään traditionaalinen käsitys laitteen eliniästä ja vikaantuminen todennäköisyyden noususta laitteen eliniän alku- ja loppuaikana. Aluksi vikaantumisen todennäköisyys on korkea laitteen käyttöönoton yhteydessä. Laitteen toiminta, toimintatavat ja sen käyttäminen ovat uutta sen käyttö- ja kunnossapito henkilöstölle, mikä johtaa usein häiriöihin tai vikaantumisiin laitteen sisäänajo kaudella. Eliniän lähestyessä loppua alkaa laitteessa ja sen komponenteissa esiintyä loppuun kulumista ja hajoamista, jotka johtavat vikaantumisen todennäköisyyden kasvuun. (4, s. 51; 5, s. 71 - 77.)

Järviö siteeraa kunnossapitokirjassa (4, s. 52 - 53) Nolanin ja Heapin vuoden 1978 suorittamaa vikaantumistutkimusta, jonka mukaan perinteinen käsitys vikaantumista on liian suppea. Tutkimuksesta huomattiin, että toisistaan poik-

keavia vikaantumismalleja esiintyy useiden eri syiden seurauksena ja vikaantumiset ovat sidoksissa muun muassa aikaan, satunnaisiin vikaantumisiin sekä ta-
saisen aikavälin vikaantumisiin. Aikaan ja satunnaiseen vikaantumiseen perustu-
vat mekanismit on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Vikaantuminen (4, s. 52)

Asiantuntijoiden mukaan noin 80 % teollisuudesta esiintyvistä vioista ovat (kuva 3) satunnaiseen vikaantumiseen perustuvaa vikaantumista. Puolet näistä vikaantumisista voidaan ennustaa tehokkaasti ja järkevästi. Ennakoivalla kunnossapidolla voidaan havaita vain noin 10 % vioista. Asiantuntijat esittävät myös, että vikojen ennustettavuutta nostamalla yli 50 %, ennakkoivan kunnossapidon turhien töiden osuus kasvaa liian suureksi. Tällöin ennakkoivasta kunnossapidosta voi tulla kustannustehotonta toimintaa. Näiden tutkimuksien mukaan tuotantolaitoksen kunnossapitoa ei kannata suunnitella ennakkoivan kunnossapidon menetelmien mukaisesti. (4, s. 52 - 54; 5, s. 77 - 79.)

Standardi PSK 6201:2011 (6, s. 15) mukaan korjaava kunnossapito kattaa häiriökorjaukset, kunnostamisen sekä kuntoon perustuvan suunnitellun korjaami-

sen. Häiriö on tila, joka aiheuttaa välittömän korjaustarpeen, jotta tuotantomene-
tyksiltä vältytään. Häiriökorjaamisella palautetaan vikaantuneeksi todettu kohde
takaisin alkuperäiseen turvalliseen toimintakuntoon.

Korjaava kunnossapito on suunnittelematonta tai suunniteltua kunnostusta, jonka
avulla palautetaan vikaantuvaksi todettu laite tai kone takaisin käyttökuntoon.
Korjaavaan kunnossapitoon sisältyviä toimenpiteitä ovat muun muassa vian
määrittäminen, vian tunnistaminen, vian paikallistaminen, korjaaminen, väliaikai-
nen korjaaminen sekä toimintakuntoon palauttaminen. Korjaavan kunnossapidon
suoritusajkoja voidaan hyödyntää laitteen eliniän määrittämisessä. (5, s. 51.)

Laitteessa esiintyvä vikaantuminen voi vaikuttaa tuotelaatuun negatiivisesti tai
pahimmillaan estää tuotantoprosessin jatkumisen. Laaduttomien tuotteiden pää-
tyminen asiakkaalle tai prosessin katkeaminen aiheuttaa yrityksille suuria kustan-
nuksia. Ennakkoivaan kunnossapitoon liittyvät investoinnit sekä vikaantumisien
vaikea havaitseminen tekevät ennakkoivasta kunnossapidosta kallista. Näin ollen
merkittävä osa teollisuuden tuotantolaitoksien kunnossapidosta Suomessa pe-
rustuu pääsääntöisesti reagoivaan kunnossapitoon, jossa valtaosa töistä on kor-
jaavaa kunnossapitoa. Reagoivan kunnossapidon huonoja puolia ovat sen vai-
kea johtaminen ja kehittäminen. (4, s. 73; 5, s. 90 - 93.)

2.5 Kunnossapidon talous

Elinjakso ja elinkaari käsitteitä käytetään yleisesti puhuttaessa tuotteesta tai lait-
teesta. Yleisesti käsitteet rinnastetaan synonyymeinä. Laitteen tai järjestelmän
elinjakso alkaa laitteen tarpeen määrittelystä ja loppuu, kun laite siirtyy toiseen
käyttöön tai romutetaan. Elinkaari on ajanjakso, joka alkaa tuotteen määrittelystä
ja päättyy valmistajan poistaessa tuotteen lopullisesti tuoteohjelmastaan. Talou-
dellisissa laskelmissa tulee tarkastella laitteen tai järjestelmän elinjaksoa, vaikka
elinajan kustannuksista käytetään yleisesti termiä elinkaarikustannus (4, s. 39 -
40; 6, s. 11.)

Elinjaksokustannuksiin kuuluvat kaikki tuotteen välittömät ja välilliset kustannuk-
set, jotka koostuvat muun muassa suunnittelusta, hankinnasta, käyttöönnotosta,
kunnossapidosta, parannuksista ja käytöstä poistosta. Välittömät ja välilliset tuo-

tot laitteen käytöstä ja käytöstä poistamisesta muodostavat elinjaksotuotot. Elinjaksotulos on laitteen elinjaksotuottojen ja elinjaksokustannuksien erotus. Teollisuudessa koneet ja laitteet ovat merkittäviä investointeja, jotka usein suoritetaan elinkaarimallin mukaisesti. Investoidun laitteen tai koneen käytön tulee olla suunniteltua, ja elinjakson tai elinajan kokonaiskustannukset on selvitettävä. (4, s. 40.)

Yrityksen toiminta perustuu tuottavaan liiketoimintaan, jonka yhtenä tärkeimpänä ohjaavana tekijänä on talous. Liiketoiminnan tuottavuus on tuottojen ja kustannuksien erotus. Teollisuudessa yrityksen kustannusrakenne jaetaan tavanomaisesti välittömiin ja välillisiin kustannuksiin. Lisäksi huomioidaan aineettomat menetykset ja kustannukset. (5, s. 179 - 180.)

Kunnossapidossa välittömät kustannukset kohdistetaan toimintaan. Välittömistä kustannuksista käytetään myös termiä suorat kustannukset. Välittömät kustannukset pitävät sisällään muun muassa kunnossapito-organisaation palkat, varaosat, hankintakustannukset, varastointikustannukset, materiaalit sekä tarvikkeet. Lisäksi alihankinta, ulkopuoliset työt ja kunnossapidon yleiskustannukset, kuten hallinnonkulut, kiinteistökulut, vuokrat sekä varastointikulut, ovat tyypillisiä välittömiä kustannuksia. (5, s. 180.)

Välillisten kustannuksien jakaminen ja kohdistaminen kunnossapidon toiminnoille on hankalaa. Välillisten kustannuksien vaikutus toimintaan on suurempi kuin välittömien kustannuksien. Kustannussäästöt kannattaa keskittää välillisiin kustannuksiin, jotka ovat määrältään suuremmat kuin välittömät kustannukset. Tyypillisiä välillisiä kustannuksia ovat esimerkiksi huono laatu, uudelleen tekeminen, ylisuuret varastot, koneiden ylikuormitus, epäsuhtainen rahoitusomaisuus sekä tuotannonsuunnittelun lisäkustannukset. Kustannussäästöjä suunnitellessa tulee resurssien käyttö olla hallittua, lisäksi on huomioitava kustannuksia kuten ylityökustannukset, tuotantovakuutukset, kasvavat elinaikakustannukset, menetetty uutuotantomahdollisuus ja epäkäytettävyyuskustannukset. (5, s. 180 - 181.)

Yrityksen toiminnan tulee olla tuottavaa ja laadukasta. Kilpailun kasvaessa yrityksen toiminallisen laadun merkitys on korostunut merkittäväksi kilpailutekijäksi. Laaduttoman toiminnan seurausta ovat aineettomat kustannukset, kuten sisäiset vaikutukset turvallisuudessa, työmotivaatiossa sekä oppimisprosessin laadussa.

Yrityksen laaduton toiminta vaikuttaa yrityksen maineeseen ja imagoon luotettavana toimijana. Imagon laskun ja laaduttomien tuotteiden seurauksena voi yritykselle aiheutua asiakkaiden menetyksiä, myyntiongelmia sekä reklamaatioiden käsittelyyn hukattua työajan menetystä. Kunnossapidon on huomioitava aineettomien menetyksien negatiiviset vaikutukset, vaikka ne eivät ole suoraan kohdistettavissa kunnossapito-organisaatioon. (5, s. 181.)

2.6 Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä

Nykyaikaisen tuotantolaitoksen toimintaan ja sen kunnossapitoon kuuluu useita tietojärjestelmiä. Yleisesti toiminnanohjausjärjestelmät ovat suuria kokonaisuuksia, johon on integroitu useita pienempiä itsenäisiä järjestelmiä. Tietojärjestelmiä voidaan jaotella muun muassa integroituihin järjestelmiin, pakettiohjelmiin tai graafisiin käyttöliittymiin. Yleisesti kunnossapidon tietojärjestelmät ovat vain osa koko yrityksen kattavasta tietojärjestelmästä. (4, s. 160 - 161; 25.)

Stora Enso Oyj:n Oulun tehtaalla toiminnanohjaukseen käytetään integroitua tietojärjestelmää SAP, johon on liitetty yrityksen vaatimia tarpeita, kuten taloushallinto, henkilöstöhallinta, tapahtumat ja koulutukset, logistiikka sekä kunnossapito. Kunnossapidon tietojärjestelmä on elintärkeä työkalu kunnossapito-organisaatiolle halutun toiminnallisuuden saavuttamiseksi ja sen kehittämiseksi. Kunnossapitotietojärjestelmä on saatava oikeaan ja tehokkaaseen käyttöön työprosesseissa, jotta järjestelmästä voidaan todellisesti hyötyä työkaluna. (4, s. 160 - 161; 25.)

Oulun tehtaalla SAP-tietojärjestelmän kunnossapitoon liitettyjä moduuleja ovat muun muassa materiaalinhallinta, varasto, vika- ja häiriöilmoitusjärjestelmä, resurssien hallinta, dokumenttien hallinta, ehkäisevän kunnossapidon järjestelmä sekä laskutus ja myynti. Tuotannossa tapahtuneet häiriöt ja vikaantumiset kirjataan häiriöilmoituksiksi, jotka käsitellään SAP-järjestelmän avulla kunnossapito-organisaation toimesta toimintopaikkoihin tai suoraan laitteeseen kohdennettuna. (25.)

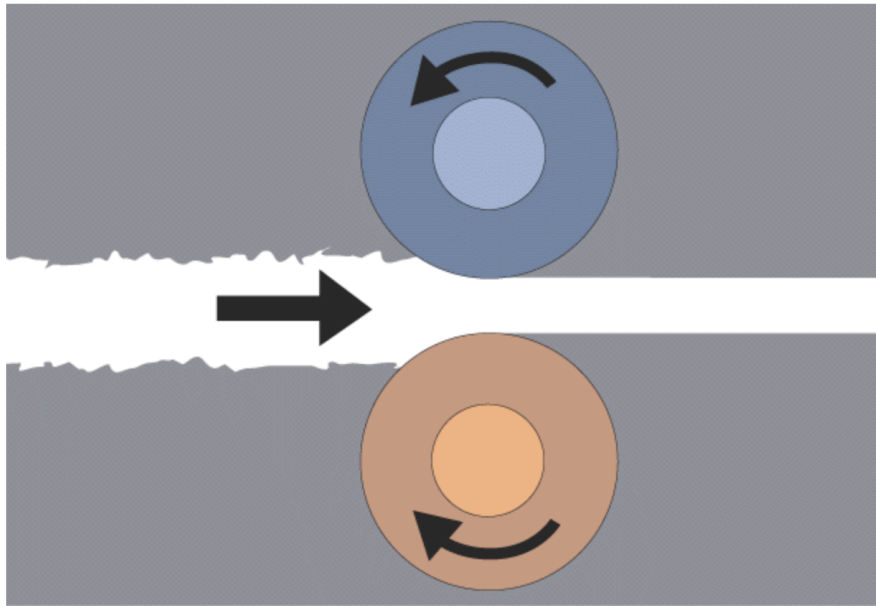
3 KALANTEROINTI

Teollisuudessa kalanterointia on käytetty ensimmäisenä tekstiilien käsittelyssä, jossa kalanterointi tunnetaan paremmin mankelointina. Menetelmää alettiin soveltaa myös paperiteollisuudessa jo 1700-luvun lopulla. Jatkuvan rainan tulo paperikoneeseen loi kehityksen tarvetta myös kalanteroinnille paperin valmistuksessa jo 1800-luvun keskivaiheilla. Kalantereihin oli tehtävä muutoksia, joista merkittävimpiä olivat muun muassa rullaimien lisääminen, telamäärään nostaminen sekä osan metallitelojen korvaaminen pehmeillä teloilla. Näiden seurauksena myös kalantereiden runkorakenteen muutokset olivat väistämättömiä. Muutosten myötä jo silloinen superkalanteri vastasi pitkälti nykyaikaista superkalanteria toimintaperiaatteeltaan ja ulkonäöltään. (8, s. 1199.)

Paperikoneen kuivatusosalta valmistuva paperi vaatii jatko- tai lisäkäsittelyä eikä se sellaisenaan sovi sen lopulliseen käyttötarkoitukseen. Kalanterointi on tyyppilisin paperin lisäkäsittelymenetelmä, jolla paperi viimeistellään painoalustaksi tai muuhun käyttötarkoitukseen, jossa tarvitaan kalanteroinnin tuomia ominaisuuksia paperille. Kalanterointi on tärkeä vaihe paperinvalmistusprosessissa, sillä kalanterointi on viimeinen vaihe, jolla voidaan huomattavasti vaikuttaa paperin ominaisuuksiin. (9, linkit -> Paperin valmistus -> Jälkikäsittely -> Kalanterit -> Kalanterointi yleistä; 10, s. 204.)

3.1 Kalanteroinnin periaate

Kalanterointi on prosessi, jossa paperia käsitellään puristuspaineen, leikkausvoimien ja kitkavoimien avulla. Kalanteroinnin päätehtäviä ovat paperin pintaominaisuuksien parantaminen, paperin paksuuden säätäminen sekä paperin paksuusprofiilien tasaaminen. Kalanteroinnin periaatteena on johtaa raina kahden tai useamman toisiaan vastaan pyörivän telan, eli nipin välistä. Kuvassa 4 on esitetty rainan kulku nippisysteemin lävitse ja havainnollistettu telojen pyörimissuunnat ja rainan kulkusuunta. (9, linkit -> Tuotantoprosessit -> Jälkikäsittely; 10, s. 204.)



KUVA 4. Kalanteroinnin perusperiaate (9, linkit -> Tuotantoprosessit -> Jälkikäsittely)

Nippisysteemin tuomia kalanteroitumismekanismeja ovat muun muassa rainan puristuminen paksuus-, leveys-, pituussuunnassa, päällysteen siirtyminen ja hioutuminen, partikkelien suuntautuminen sekä jäljentymisen. Kalanteroinnilla viimeistellään paperia parantamalla sen kiiltoa ja sileyttä sekä säädetään paperin tiheyttä halutuksi. Kalantereiden tärkeitä tehtäviä ovat myös paperin paksuusprofiilin tasoittaminen ja paperin jatkokäsittelyominaisuuksien parantaminen muun muassa rullien tasaisuutta parantamalla seuraavaan prosessiin pituusleikkureille. Pintaominaisuuksien parantaminen sekä tiheyden hallinta ovat tärkeitä ominaisuuksia myös paperin painatuksen kannalta, sillä kalanteroinnin tulee vastata vaatimuksiin, joita asiakkaat asettavat painomenetelmiin. (9, linkit -> Tuotantoprosessit -> Jälkikäsittely; 10, s. 204 - 205.)

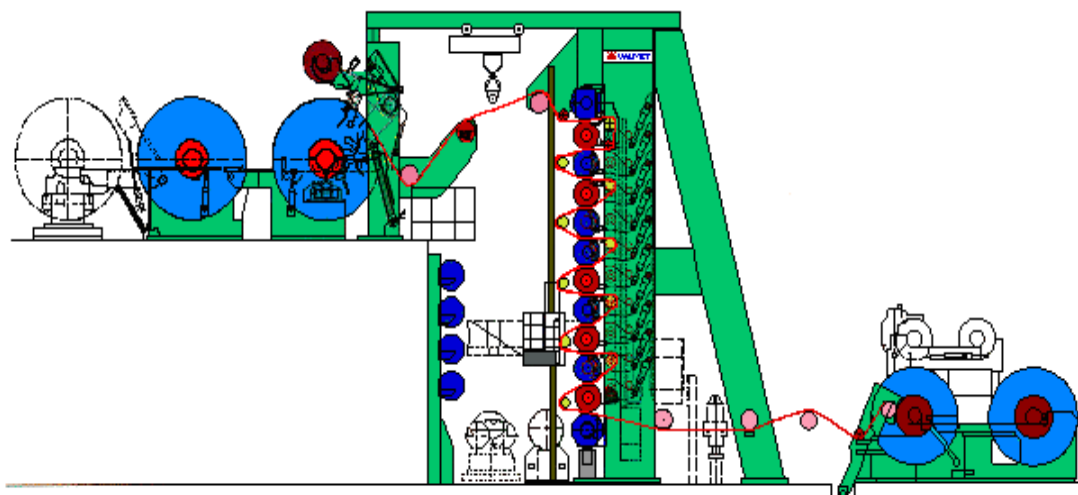
Paperia voidaan kalanteroida paperikoneeseen kuuluvalla kalanterilla eli on-machine-kalanterilla tai jälkikäsittelyssä erillään olevalla off-machine-kalanterilla. Eri kalanterointimenetelmiä ovat muun muassa konekalanterointi, soft-kalanterointi, superkalanterointi, monitelakalanterointi, erilaiset on-line-sovellukset sekä pitkänippikalanterointi. Lopputuote, paperilaatu ja paperin käyttökohde määrittävät paperikonelinjalle valittavan kalanterointimenetelmän tai -menetelmät. (9, linkit -> Tuotantoprosessit -> Jälkikäsittely; 10, s. 210 - 215.)

3.2 OptiLoad-kalanteri

Oulun tehtaan PK7-linjan tuotteet ovat päällystettyä painopaperia, joiden kalanterointi toteutetaan kahdessa vaiheessa: ensin on-line-konekalanterilla ja päällystysen jälkeen monitelaisilla polymeerisuperkalantereilla. Polymeerisuperkalanterista käytetään myös nimitystä OptiLoad-kalanteri. PK7-linjan SK71 ja SK72 ovat pehmeänippimonitelakalantereita, jossa on 12 telaa. OptiLoad-kalanterit koostuvat polymeeriteloista ja kokilliteloista. Linjan kalanterit eroavat esimerkiksi soft-kalantereista siten, että kutakin polymeeritelaa kohden on kaksi nippiä, toisin kuin softkalantereissa vain yksi. (9, linkit -> Paperin valmistus -> Jälkikäsittely -> Kalanterit -> OptiLoad-kalanteri; 10, s. 214 - 215.)

3.2.1 Rakenne

OptiLoad-kalanterin runko on teräksistä kotelopalkeista ja poikkituista koottu runkorakenne. PK7-linjan OptiLoad-kalanterit ovat 12-telaisia kalantereita, jotka ovat mekaaniselta rakenteeltaan samanlaiset kuin modernit superkalanterit. Rungon avoin muoto on suunniteltu siten, että ulosottotelojen kiinnitykset sekä telojen vaihto ovat käytännöllisesti toteutettavissa. Kuvassa 5 on esitetty 12-telainen OptiLoad-kalanteri. (10, s. 214 - 215; 11, s. 3 - 6.)



KUVA 5. OptiLoad-kalanteri (9, linkit -> Paperin valmistus -> Jälkikäsittely -> Kalanterit -> Monitelakalanterit)

OptiLoad-kalanterit eroavat superkalantereista muun muassa korkeamman ajo-
lämpötilan, suuremman viivakuorman sekä käännetyin telajärjestyksen myötä.
OptiLoad-kalantereissa viivakuormaeroa hallitaan väliteloilla, joissa kaikissa on
sama ominaispaine. Tämä mahdollistaa telojen täysmääräisen kevennyksen,
eikä poikkisuuntainen viivakuormaprofiili kärsi. Muista kalantereista poiketen te-
lojen painon täydellinen kompensointi mahdollistaa saman viivakuorman käytön
kaikissa nipeissä ja laajimman kalanterointi-ikkunan muihin kalantereihin verrat-
tuna. (9, linkit -> Paperin valmistus -> Jälkikäsittely -> Kalanterit -> OptiLoad-
kalanteri; 10, s. 214 - 216.)

3.2.2 Telat

OptiLoad-kalenteri koostuu 12 päätelasta ja muista aputeloista, kuten ohjaus-,
ulosotto- sekä levitystelosta. Kalanterin ylin ja alin tela ovat kiinteitä vyöhykesää-
dettäviä SYM Z -teloja. SYM-telojen avulla hallitaan viivapaineprofiilia, lämpötila-
profiilia, vaimennetaan värinää sekä alennetaan tehonkulutusta. Välitelat on kiin-
nitetty runkoon laakeroituihin vipuihin, joita kevennetään kevennyssylintereiden
avulla. Välitelat koostuvat viidestä jäähdytettävästä polymeeritelasta ja viidestä
lämmitettävästä kokillitelasta. (11, s. 8 - 10; 10, s. 213.)

Superkalantereiden perinteiset pehmeät-telat, kuten paperitelat on korvattu Opti-
Load-kalantereissa polymeeritelalla. Polymeeritelat ovat vesikierrolla varustet-
tuja jäähdytettäviä teloja. Polymeeripinnoitteiset telat mahdollistavat suuremman
kuormituksen, korkeamman operointilämpötilan sekä nopeuden nostamisen. Po-
lymeeritelojen vaihtoväli on myös huomattavasti pidempi kuin paperitelojen. Op-
tiLoad-kalanterin kokillitelat ovat vesilämmitteisiä termoteloja. Kokillitelojen läm-
pötilansäädöllä hallitaan paperiradan lämpötilaa. Kokillitelojen lämpötilalla voi-
daan vaikuttaa paperin kosteuteen ja kiiltoon. (10, s. 213.)

3.2.3 Automaatio ja ohjaus

Kalanterointimenetelmä vaikuttaa merkittävästi myös kalanterien automaatio-
ratkaisuihin ja niiden laajuuteen. PK7-linjan off-machine-OptiLoad-kalanterit ovat
kalanterointiyksiköitä, jotka mahdollistavat paperin kuivumisen eli kosteuden ta-
saantumisen ennen kalanterointia. Tämä mahdollistaa paremman käsiteltävyy-

den ja hyvän kosteuden poikkiprofiilin saavuttamisen. Kalanterointi on monimutkainen prosessi, jossa kaikki muutokset vaikuttavat toisiinsa, ja sitä kautta lopputulokseen. Säättöjen ja paperin ominaisuuksien optimointi on tärkein prosessi kalanterilla. (10, s. 251 - 252.)

Kalanterointiprosessia ohjataan, valvotaan ja mitataan operaattoreiden toimesta OptiLoad-kalantereiden valvomosta Stora Enso Oyj:n Oulun tehtailla käytössä olevan prosessinohjausjärjestelmän Metso DNA -käyttöliittymän avulla. Kalantereiden prosessinohjaus toteutetaan Metso XD-operointipäätteeltä ja samaan DNA-verkkoon liitetyiltä PC:ltä. Metso XD-operointipääte koostuu operointiyksiköstä sekä monitoreista. (13, s. 1.19 - 5.19.)

Metso DNA koostuu eri tehtäviä suorittavista sovelluspalvelimista ja niitä yhdistävästä verkosta sekä erityyppisistä ethernet-väylistä. Verkkoväylät on kaapeloitu koksiaali- tai valokaapeleilla. Järjestelmä koostuu palvelimista kuten operointi-, hälytys-, prosessi-, varmennus, diagnostiikka-, liityntä- sekä reititinpalvelimista. Metso DNA:ta voidaan seurata muun muassa valvomosta, automaatiotilasta tai toimistosta käsin. (12; 13, s. 1.19 - 5.19.)

Operaattorit saavat tiedon prosessista ja voivat ohjata prosessia operointipalvelimen avulla. Hälytyspalvelimen tehtävänä puolestaan on kerätä ja ylläpitää prosessin hälytystietoja. Operaattorit vastaanottavat palvelimen lähettämän hälytystiedon operointipalvelimen kautta. Hälytystiedot voidaan tarvittaessa tallentaa infopalvelimen tietokantaan. Prosessipalvelimen avulla voidaan toteuttaa ryhmäohjaukset, sekvenssiohjaukset, reseptiohjaukset, trendihistorian keruu sekä muut vaativat ylemmän tason säädöt. Prosessipalvelin liittää järjestelmän ohjattavaan prosessiin, ja niiden perusohjaukset toteutetaan erilaisten I/O-liitäntöjen avulla. (12; 13, s. 1.19 - 5.19.)

4 HÖYRY- JA LAUHDEJÄRJESTELMÄ

Vesi on yleisin ja käytetyin kemiallinen yhdiste sen saatavuuden ja edullisen hinnan vuoksi. Vesi on kemiallisesti vakaata, ja sen käyttö on turvallista. Vedellä on hyvä lämmönsiirtokyky, ja se höyrystyy melko alhaisissa lämpötiloissa. (14, s. 1.)

4.1 Höyry

Höyry on erinomainen lämmönsiirtoaine, koska veden höyrystäminen vaatii paljon energiaa. Kiehumislämpötilassa höyry luovuttaa lämpönsä jäähtymättä. Höyryn korkea lämmönsiirtokerroin sekä paine- ja lämpötilavastaavuus tekevät höyrystä yhden käytetyimmistä tavoista lämpöenergian siirtämiseen. (14, s. 1.)

Teollisuudessa höyryä valmistetaan suljetuissa höyrykattiloissa. Höyrykattilan syöttövettä kuumennetaan kattilan sisällä niin, että vesi alkaa kiehua muodostaen veden pinnalle höyryä ja veden sisälle höyrykuplia. Kattilaa kuumennetaan tulipesän avulla, jossa polttoaineena voidaan käyttää muun muassa öljyä, turvetta, kivihiiltä, puuta tai erilaisia kaasuja kuten maakaasua. Suljettu höyrykattila mahdollistaa höyryn keräilyn ja sen paineistamisen haluttuun arvoon. Höyry ei pääse pois ennen höyrylinjan venttiilin avaamista. Kattilan höyryputket ovat varustettu paineensäätimillä, joilla höyrynpainetta ohjataan halutuksi. Höyry johdetaan putkistoa pitkin haluttuun käyttökohteeseen. (15, s. 5 - 6.)

Vedessä on lämpöenergiaa sen lämpötilasta riippumatta. Veden sisältämästä lämpöenergiasta käytetään myös termiä nestelämpö. Veden nestelämpö nousee vettä lämmittäessä aina veden kiehumispisteeseen saakka, jonka jälkeen se ei enää kykene vastaanottamaan enempää lämpöä nesteolomuodossa. Nestelämpötilan kiehumispisteeseen voidaan vaikuttaa paineella. Vesi kiehuu atmosfääripaineessa +100 °C:ssa. Tällöin veden nestelämpö on 419 kJ / kg. (15, s. 6.)

Höyrystyslämpö on muutos, jossa veden olomuoto vaihtuu höyryksi veden lämpötilan nostamisen johdosta. Myös höyrystyslämpö vaihtelee paineen vaikutuksesta. Yhden vesilitran eli kg:n muuttaminen samaksi määräksi höyryä atmosfääripaineessa vaatii 2 257 kJ energiaa. (14, s. 7; 15, s. 6.)

Höyryn kokonaislämpösisältö sisältää nestelämmön ja höyrylämmön tarvitseman energian ollen näiden kahden summa. Tätä kutsutaan myös höyryn entalpiaksi. Höyryn kokonaislämpösisältö atmosfääripaineessa on $419 \text{ kJ / kg} + 2\,257 \text{ kJ / kg} = 2\,676 \text{ kJ / kg}$. Taulukossa 1 on havainnollistettu paineen vaikutusta lämpötilaan, höyryn entalpiaan sekä höyryn tilavuuteen. (14, s. 17; 15, s. 7.)

TAULUKKO 1. Höyrytaulukko (14, s. 17)

Mittaripaine		Lämpötila	Entalpia kJ/kg			Tilavuus kuiva kylläinen
			Nestelämpö	Höyrystys-lämpö	kokonais-lämpö	
bar	kPa	°C	h_{fg}	h_{fg}	h_g	m^3/kg
0	0	100	419	2257	2676	1.673
1	100	120	506	2201	2707	0.881
2	200	134	562	2163	2725	0.603
3	300	144	605	2133	2738	0.461
4	400	152	641	2108	2749	0.374
5	500	159	671	2086	2757	0.315
6	600	165	697	2066	2763	0.272
7	700	170	721	2048	2769	0.240
8	800	175	743	2031	2774	0.215
9	900	180	763	2015	2778	0.194
10	1000	184	782	2000	2782	0.177
11	1100	188	799	1986	2785	0.163
12	1200	192	815	1973	2788	0.151
13	1300	195	830	1960	2790	0.141
14	1400	198	845	1947	2792	0.132

Paineen suhdetta lämpötilaan voidaan verrata höyrytaulukosta. Paineen noustessa nestelämpö nousee, jolloin veden höyrystymiseen tarvitaan pienempi lämpömäärä. Lämmönsiirtoon käytetyn höyryn tulee olla mahdollisimman matalapaineista, jolloin hyötysuhde on korkeimmillaan. Kokonaislämpösisältö kasvaa merkittävästi 3 bar:iin asti, minkä jälkeen höyrystyslämpö pienenee nopeammin kuin nestelämpö nousee. Paineen laskiessa lämpömäärä, jonka höyry luovuttaa lauh tuessaan, on suurempi, mutta lämpötila pienenee. Höyrynpainetta alennettaessa on huomioitava, että lämpötilaero on määräävä tekijä höyryn ja lämmitettävän esineen välillä määrittäen tehon. Tuottavuus ei saa päästä alenemaan liian alhaisen lämpötilan vuoksi. (14, s. 17; 15, s. 9 - 10.)

Lämmönsiirtoon vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa oikea höyrymäärä, höyrynpaine, ilma ja lauhtumattomat kaasut, höyryn puhtaus, höyryn kuivuus, sekä lauhteen poistuminen. Ilmalla on epäedullinen vaikutus höyryssä erityisesti ilmalle ominaisen huonon lämmönjohtokyvyn myötä. Ilmaksi mielletään myös muut lauhtumattomat kaasut, kuten happi ja hiilidioksidi. Ilma toimii eristeenä höyryssä ja muodostaa kylmiä kohtia lämpöpintoihin vaikuttaen lämmönsiirtoon tuotannossa. Suljettuun järjestelmään pääsevä ilma voi vaikuttaa höyryn siirtomäärään ja aiheuttaa korroosioita laitteissa ja putkistoissa. (14, s. 16; 15, s. 12.)

Ilman käyttäytyminen höyryjärjestelmissä on monimutkaista, mutta hyvin yleistä ja tunnettua. Lämpötilakeskeisissä prosesseissa, kuten kumi-, muovi- ja kemianteollisuudessa vaaditaan tietty minimilämpötila prosessin onnistumiseksi. Mikäli ilmaa pääsee sekoittumaan höyryyn, vähenee seoksen lämpösisältö, ja lämpötila laskee. Näissä prosesseissa pieni määrä ilmaa voi aiheuttaa tuotantoerän pilaantumista ja suuria tuotantotappioita. Yleisin tie ilman päätymiseksi järjestelmään tapahtuu laitosten käyttökatojen yhteydessä. Laitoksen alasajon yhteydessä höyry lauhtuu ja järjestelmään syntyy alipainetta. Alipaine imee ilmaa järjestelmään venttiileiden ja putkiyhteiden kautta. (15, s. 12 - 15.)

Ilman pääseminen höyryjärjestelmään on mahdollista esimerkiksi syöttövesilinjaa pitkin, jonka raakavesiputket sisältävät happea. Syöttöveden koskettaessa ilma-kehään se voi absorboida suuria määriä ilmaa, hiilidioksidia ja muita kaasuja itseensä. Atmosfääri sisältää noin 20 % happea ja hiilidioksidia noin 0,3 %. Hiilidioksidin liukenemiskyky veteen on 30 kertaa suurempi kuin hapen. Osa näistä kaasuista voi kulkeutua kattilan kiehumistilaan, josta ne kulkeutuvat eteenpäin höyryn mukana kaasun olomuodossa. Ilman liukenemista veteen voidaan estää muun muassa täyttöveden kemiallisella käsittelyllä sekä kuumentamalla täyttövettä lähelle sen kiehumispistettä. (14, s. 24; 15, s. 12 - 15.)

Prosessihöyryn laatu on sidoksissa höyryn kehitysmenetelmään ja siirtotapaan. Höyry on laadultaan sitä parempaa, mitä alhaisempi sen kosteus on. Kosteus höyryssä laskee höyryn tehoa kasvattaen sen massavirtaa. Höyrykattiloiden ylikuormitus on yleensä syynä liian kosteaan höyryyn. Tutkimuksien mukaan höyryn laatuun, erityisesti kuivuuteen, voidaan vaikuttaa positiivisesti alentamalla kattilan kuormitusastetta sekä kattilan käyttöpainetta nostamalla. Teollisuuden

alasta riippuen on edullista kehittää ja jakaa höyryä kattilan korkeimmalla työpaineella, ja alentaa painetta käyttökohteen mukaisesti. (14, s. 26; 15, s. 22 - 23.)

Teollisuuden prosessit määrittävät höyryn käyttötarkoituksen ja asettavat vaatimuksia höyryn lämpötilalle, paineelle ja kosteudelle. Teollisuudessa yleisimmin käytetystä höyrystä puhutaan kylläisenä höyrynä. Useimmat höyrytaulukot perustuvat kylläiseen höyryyn. Kylläisen höyrynpaine ja lämpötila ovat samat kuin kiehuvalle vedelle höyrykattilassa. Kylläisellä höyryllä on ominaista määrätty lämpötilan ja paineen suhde. Höyryn lämpötilaa nostaessa höyrystyslämmön lisäksi käytetään höyrystä termiä tulistettu höyry. Tulistetun höyryn ominaisuudet tekevät siitä sopivamman vain tietyille käyttöaloille. Kylläisen höyryn kustannustehokas valmistus ja monipuolisuus tekevät siitä paremman ja halvemmän vaihtoehdon. (15, s. 10 - 11.)

Höyryn tulistaminen suoritetaan erillään höyrykattilan vesitilasta. Tulistaminen tapahtuu, kun kylläinen höyry johdetaan höyryä kuumempien pintojen ohi. Tämä lisää höyryn lämpötilaa, ja poistaa siitä samalla kosteutta. Tulistetun höyryn ominaisuuksia ovat sen kuivuus ja korkeampi lämpötila kyllästymislämpötilaan verraten. Tulistetulla höyryllä ei ole määrättyä lämpötilapaine-suhdetta, jonka vuoksi on vaikea säätää prosessien lämpötilaa, jossa tulistettua höyryä käytetään. Tulistuksen myötä höyryn termodynaaminen hyötysuhde on korkeampi kuin kylläisen höyryn. Tulistaminen estää lauhtumista käyttökohteessa ja näin ollen ehkäisee syöpymisvaaraa ja vuotoja. (15, s. 10 - 11.)

4.1.1 Höyryn käyttökohteet

Höyryn etuina ovat sen helppo siirrettävyys, säädettävyys sekä monipuolinen käyttö. Höyryn monipuolisuus käy ilmi siten, että samaa lämmönsiirtoainetta voidaan käyttää teollisuudessa muun muassa eri prosesseissa, lämmittämisessä sekä sähkön tuotannossa. Prosessihöyryt ovat kylläisiä höyryjä, joiden kosteus ja paine ovat mahdollisimman alhaisia lämpöhäviöiden estämiseksi ja energian säästämiseksi. Tulistetun höyryn käyttökohteet teollisuudessa ovat kapeammat lisäkustannuksien myötä, vaikka höyryn ominaisuudet ovat paremmat. (14, s. 1; 15, s. 10 - 11.)

Tavallisimpia höyryn käyttökohteita sellu- ja paperiteollisuuden lisäksi ovat muun muassa kemian-, elintarvike-, öljy- ja kumiteollisuus. Lämmittämisessä höyryn lämpöenergiaa voidaan hyödyntää esimerkiksi lämmönsiirtimien avulla, joissa lämpöenergia vapautuu lämmitettävään kohteeseen ilman aineiden fyysistä kohtaamista. Höyryllä lämmittäminen on myös mahdollista ohjaamalla höyry suoraan lämmitettävään käyttökohteeseen. (15, s. 5 - 6.)

Tulistettua höyryä käytetään määrättyillä käyttöaloilla, pääsääntöisesti voimatuotannossa ja höyryturbiineissa. Voimalaitoksien sähköntuotannossa höyryä johdetaan turbiinien energian lähteeksi. (15, s. 5 - 11.)

4.1.2 Höyryn jakelu

Höyryn siirto perustuu paine-eroon, minkä vuoksi siihen ei tarvita erillisiä mekaanisia siirtolaitteita, kuten pumppuja. Höyryn virtausta on helppo säätää ja sitä voidaan toteuttaa erityyppisillä 2-tieventtiileillä. Höyryä käyttävässä teollisuudessa on huomioitava muun muassa lämmön tarve, höyrynpaine, lämpötila, putkien mitoitus, höyryn laatu ja painehäviöt. Oikein mitoitettut höyry- ja lauhdeputkistot sekä lauhteen poistimien toiminta ovat elintärkeitä kustannustehokkaalle höyry- ja lauhdejärjestelmälle. (14, s. 1; 15, s. 4 - 22.)

Höyryn käyttökohde ja tarve määrittävät höyryverkoston paineen ja lämpötilan. Korkealla höyrynpaineella voidaan käyttää pienempiä höyryputkistoja ja paine voidaan säätää käyttökohteeseen tarkasti. Putkistojen suunnitteluprosessissa tulee huomioida painetta alentavat putkistojen mutkat, putkiston pituus sekä siihen liitettävät komponentit. Lisäksi on kiinnitettävä huomiota mutkien ja pyörityksien kääntösäteeseen, liitäntämenetelmiin sekä venttiilien, kuten säätö- ja sulkuventtiilit vaikutukseen virtaukseen ja paineeseen. Käytössä olevasta vanhasta putkilinjasta tulee poistaa kaikki tarpeettomat laitteet, venttiilit ja mutkat. (15, s. 22 - 23; 18, s. 3 - 5.)

4.2 Höyryn lauhtuminen

Höyryn joutuessa kosketuksiin itseään matalalämpöisemmän pinnan kanssa se alkaa siirtää lämpöä, ja koko höyrystyslämpötilansa kylmempään pintaan. Tämän

ilmiön seurauksena syntyy vettä, mistä käytetään termiä lauhde. Höyryä hyödyn-tävissä prosesseissa energiatehokkuuteen vaikuttaa merkittävästi höyry- ja lauh-dejärjestelmän ajomallit, höyrynpaine, höyryn määrä, lämmönsäätöjen menetel-mät ja lämmönsiirtimet. Muita järjestelmän tehokkuudelle ominaisia ja huomioita-via kohteita ovat lauhteen palautuksen määrä, lauhteen poistimien kunto sekä lauhteiden hyödyntäminen jatkossa myös muissa prosesseissa, ja sen takaisin siirtäminen voimalaitoksella. (15, s. 1; 17, s. 4 - 5.)

Höyryn lämpötilan laskiessa höyry tiivistyy ja muuttaa olomuotoaan höyrystä lauhdevedeksi. Lauhdetta syntyy runsaasti aina erityisesti laitoksen uudelleen käynnistytksen yhteydessä. Esimerkiksi kunnossapitoseisokin jälkeisen höyrylin-jan uudelleen käyttöönoton yhteydessä, jolloin veden määrä on yleensä korkeim-millaan jäähtyneen höyryputkiston vuoksi. Lauhdevesi on poistettava putkista te-hokkaasti ja huolellisesti vesi-iskujen välttämiseksi. (14, s. 62; 15, s. 22 - 23.)

Höyryputkissa muodostuvat vesipisarat ja kerääntyvä lauhde voivat muodostaa tukoksia höyrylinjassa, mutkakohdissa tai höyryn kulutuksen äkillisten muutosten johdosta. Mikäli lauhde pääsee täyttämään putken sen kokonaisleveydeltä, muo-dostaa se putkeen vesitulpan, jonka toiselle puolelle kehittyy alipaine. Tulppa läh-tee liikkeelle höyrynpaineen johdosta ja teoriassa voi kulkea jopa äänen nopeu-della. Vesi-iskut voivat aiheuttaa vakavia vauriota järjestelmässä. Lauhteen pois-taminen suojaa järjestelmää vesi-iskuilta, vähentää kuormitusta, tehostaa lämmi-tystä sekä parantaa mittatuloksia. (14, s. 62 - 120; 15, s. 1 - 2.)

Höyrylämmitteisen prosessin lämmitysaika pitenee, mikäli lämmitystä eristävä lauhde kerääntyy esimerkiksi lämmönvaihtimen sisälle ja lämmönvaihdin sakkaa. Höyrylämmönvaihtimen sakkaus tapahtuu tilanteessa, jossa vaihtimessa oleva höyrynpaine on pienempi kuin lauhdejärjestelmän kokonaisvastapaine. Tällöin lauhteenpoistimen yli ei ole riittävää paine-eroa. Tässä tilanteessa lauhde ei poistu lämmönvaihtimesta ja vaihdin menee lauhdelahtiin eli sakkaa. Lauhde hei-kentää lämmitysprosessin tehoa pienentäen höyryn lämmityspinta-alaa. Lauh-detta voidaan poistaa toimintaperiaatteeltaan erityyppisten lauhteenpoistimien avulla höyryputkesta tai lämmityskohteista. (14, s. 3 - 8; 15, s. 22 - 23; 32, s. 6.)

Lauhteenpoistimet ovat laitteita, jotka lauhteen lisäksi poistavat höyryn sisältämät ilmat ja kaasut estäen myös höyryn läpivuodot. Lauhteenpoistimet voidaan jakaa mekaanisiin lauhteenpoistimiin, termodynaamisiin lauhteenpoistimiin sekä termostaattisiin lauhteenpoistimiin. Lauhteenpoistin ja sen tyyppi tulee olla sellainen, että se huomioi kaikki vaihtelevan prosessin vaiheet. Muun muassa ulkoiset lämpötilat ja tehdasolosuhteet vaikuttavat lauhteenpoistimen valintaan merkittävästi. (14, s. 120; 15, s. 22 - 23; 18, s. 7 - 9.)

Mekaaniset lauhteenpoistimet voidaan eristää, sillä lauhde poistuu kylläisessä lämpötilassa. Uimuri ja avouimuripoistimet ovat tyypillisiä mekaanisia lauhteenpoistimia. Termodynaamiset lauhteenpoistimet toimivat nestefaasissa. Termodynaamisia poistimia ei saa eristää, sillä lauhde poistuu poistimesta vasta lauhteen jäähtyttyä noin 2 - 3 °C. Termiset lauhteenpoistimet toimivat nestefaasissa alle kylläisen lämpötilan noin 10 - 70 °C. Yleisimpiä termisiä lauhteenpoistimia ovat bi-metalli- ja kapselilauhteenpoistimet. Termodynaamisten lauhteenpoistimien tavoin niitä ei saa eristää. (14, s. 120.)

5 LÄMMITYS- JA JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ

OptiLoad-kalantereiden lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmäyksiköiden asennuksesta ja järjestelmän käyttöönotosta Stora Enson Nuottasaaren PK7:lle on vastannut Valmet Oy. Tässä luvussa paneudutaan tarkemmin järjestelmien toimintaan sekä komponentteihin. (19, s. 1.1 - 2.2.)

5.1 Toimintaperiaate

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien avulla hallitaan OptiLoad-kalantereiden teollaston lämpötilaa. Lämmitettävät kokillitelat ovat olennainen osa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän toimintaa, sillä niissä kulkevan veden lämpötilaa säätäen hallitaan OptiLoad-kalantereiden lämpötilaa. Haluttujen paperin ominaisuuksien saavuttamiseksi on kokillitelojen lämpötilojen oltava tasainen, ja sitä on valvottava. OptiLoad-kalanterit SK71 ja SK72 ovat rakenteeltaan lähes identtisiä, ja molemmissa on viisi lämmitettävää kokillitelaa. Kiertopiirien telapositionot ovat liitteen 1 mukaiset 2, 4, 6, 9, ja 11. (19, s. 1.1)

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän avulla syötetään vettä kokilliteloihin ja niiden vesikiertoon. Kokillitelat on rakennettu liitettäväksi suljettuun lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmään. Suljetut järjestelmät on rakennettu niin, ettei sinne pääse happea, ja näin ollen korroosiota ei pääse syntymään. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmässä käytetään lauhdevettä, jolloin kattilakiven muodostumisen ongelmaa ei ole. Lämmitysaine syötetään automaattisen täyttöventtiilin kautta järjestelmään 5 - 7 baarin paineella. (19, s. 1.1 - 3.6.)

Järjestelmien kiertoveden lämmitys on toteutettu HVP-höyryllä, jonka paine on noin 10.8 bar ja lämpötila 185 - 200 °C. Piirien jäähdytykseen käytetään noin 25 asteista vettä, jonka syöttöpaine on 3 bar. Järjestelmä säättää kiertoveden lämpötilaa, pitäen sen vakiona asetetussa arvossa. Höyry- ja lauhdejärjestelmän kierto höyrylinjalta lauhdesäiliöön on havainnollistettu PI-kaaviossa liitteessä 1. (19, s. 1.1 - 3.6.)

Järjestelmä koostuu viidestä lämmitys- ja jäähdytyspiiristä, mikä mahdollistaa lämpötilanhallinnan telakohtaisesti. Lämmityksestä jäähdytykseen siirtyminen ta-

pahtuu portaattomasti. Lämmönsäätöjärjestelmä on asennettu kompaktiksi yksiköksi omaan runkoon. Kiertoveden syöttö teloihin tapahtuu telan toisesta päästä sisään ja toisesta ulos. Kalanterien telaposition neljä eli vetotelan kiertoveden tuonti ja palautus toteutetaan vain telan toisesta päästä. (19, s. 1.1 - 2.2.)

5.2 Lämmitys ja jäähdytysjärjestelmän rakenne

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän viisi lämmityspiiriä on esitetty liitteessä 1. Kaikki piirit ovat identtisiä keskenään. Jokainen telapiiri sisältää muun muassa kiertopumpun, lämmityksen ja jäähdytyksen lämmönvaihtimet ja säätöventtiilit, varoventtiilit sekä lämpötilan rajoitukset. Lisäksi järjestelmän toiminnan ylläpitämiseksi on kukin piiri varustettu lianerottimilla, käsiventtiileillä sekä muilla vesikiertojärjestelmän komponenteilla. Yhteisiä toimilaitteita ja ratkaisuja kaikille viidelle telapiirille ovat muun muassa riviliitinkotelo, jäähdytystorni, paisuntasäiliö, höyryn- ja täyttöveden syöttöputket, jäähdytysveden syöttö- ja paluuputket sekä alkulauhdutin. (19, s. 2.1 - 2.3.)

Lämmitys- jäähdytysjärjestelmän kiertoveden käyttölämpötila-alue on 25 - 160 °C. Järjestelmän kuuman veden lämpötila on noin 20 °C korkeampi kuin kokillitelan vaipan lämpötila. Kukin telapiiri on varustettu kahdella PT-100-lämpötilaanturilla, joista toinen on sijoitettu vesikierron meno- ja toinen paluulinjaan. Lisäksi piireissä on painekytkimet ja paikallispainemittarit, jotka valvovat piirien painetta. Lämmönvaihtimille menevän höyryn- ja jäähdytysveden säätöventtiilit on sijoitettu lämmönvahtimien ensiöpiireihin. (19, s. 2.2 - 5.1; 23.)

Lämmitys ja jäähdytyspiirit on suojattu lämpötila- ja painevalvonnalla. Mittaus- ja ohjauslaitteet on johdotettu automaatiojärjestelmän tulo- ja lähtökorteille. Mittaus- ja ohjaussignaalina käytetään jännitettä 4 - 20 mA:n muun muassa lämmitys- ja jäähdytys-säätöventtiilien toimilaitteiden ohjaukseen. (19, s. 2.4; 23.)

5.2.1 Pumput

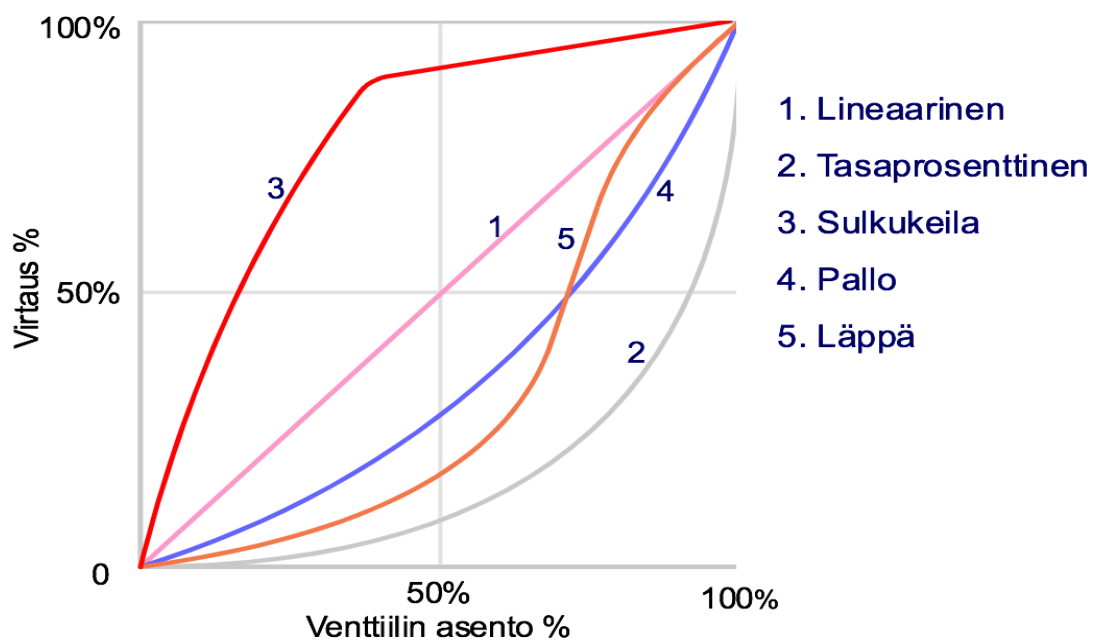
Järjestelmän jokaisen piirin (liite 1) vesikierto on toteutettu vaaka-asenteisella spiraalipesäkeskipakopumpulla. Pumpun toimintaperiaate ja komponentit on

suunniteltu kuumien nesteiden ja öljyjen pumppaukseen, joten se sopii täydellisesti järjestelmään. Järjestelmän vesikierrossa pumpun imupuolen paine on 5 - 6 bar ja painepuolen paine 7 - 9 bar. (19, s. 3.6 - 3.10; 20, s. 4 - 9; 25.)

Pumpun avulla kierrätetään ja paineistetaan telojen ja lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän välillä kiertävä lauhdevesi. Pumpun maksimivirtaama eli tilavuusvirta on 760 l / min. Pumpun tuottaman virtauksen ja paineen avulla mahdollistetaan veden korkeampi kiehumispiste suljetussa järjestelmässä. Korkeampi veden lämpötila mahdollistaa myös kokillitelojen tehokkaamman lämmittämisen. Korkeammilla lämpötiloilla saavutetaan parempia kalanteroitumisprosessin tuloksia suuremmilla ajonopeuksilla OptiLoad-kalantereilla. (19, s. 3.6; 20, s. 4 - 9; 25.)

5.2.2 Säästöventtiilit

Käyttökohteen lämmönsiirtoaineen määrään esimerkiksi höyry- tai jäähdytysvesilinjasta voidaan vaikuttaa erilaisilla säästöventtiileillä ja toimilaitteilla. Säästöventtiilin säätökeila tai säätömekanismi vaikuttaa venttiilin säädettävyyteen, virtaukseen ja toimilaitteen valintaan. Säästöventtiilin säätökeilan ja säätömenetelmän vaikutusta virtauskarakteristiikkaan on kuvattu kuvassa 6. (14, s. 86 - 88; 15, s. 38.)

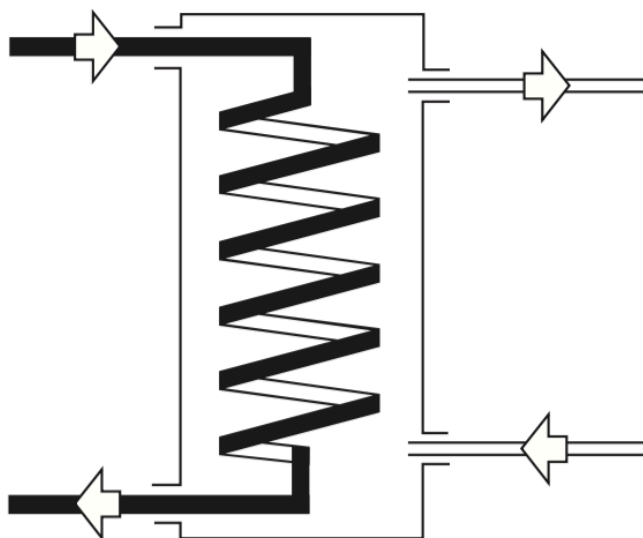


KUVA 6. Virtauskarakteristiikat (mukailtu lähteestä 14, s. 88)

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän lämmönvaihtimien höyryn ja jäähdytysveden tuloa säädetään 2-tiekuulasektoriventtiileillä. Sylinteritoimilaite on kaksitoiminen ja se on suunniteltu sulku- ja säätökäyttöön. Ventillin ohjaus ja säätö on toteutettu sähköpneumaattisen asennoittimen ja pneumaattisen sylinteritoimilaiteen avulla, jotka on asennettu venttiin. Kuula- eli palloventtiin todellinen läpivirtaus (kuva 6) on alhaisempi suhteessa operointipäätteessä näkyvään venttiin asentoon. Säätöventtiin asento on esitetty operointipäätteen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän sivun piirikaaviossa prosenttilukuna. (14, s. 88; 19, s. 3.8; 21, s. 1 - 4.)

5.2.3 Lämmönvaihtimet

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän putkilämmönvaihtimien tehtävänä on siirtää lämpöenergiaa aineesta toiseen ilman aineiden fyysistä kosketusta. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän lämmönvaihtimilla voidaan lämmittää tai jäähdyttää järjestelmässä kiertävää lauhdevettä. Lämmönvaihtimien sisällä kiertävän spiraaliputkirakenteen läpivirtaava jäähdytysvesi tai lämmityshöyry siirtää lämpöenergiansa putkirakenteen sisäpinnasta lämmönvaihtimen vesikiertoon. Lämmönvaihtimen vesikierron kulku ja lämmitysaineen virtaus-suunta lämmönvaihtimen spiraaliputkirakenteessa on esitetty kuvassa 7. (14, s. 20 - 29; 22.)

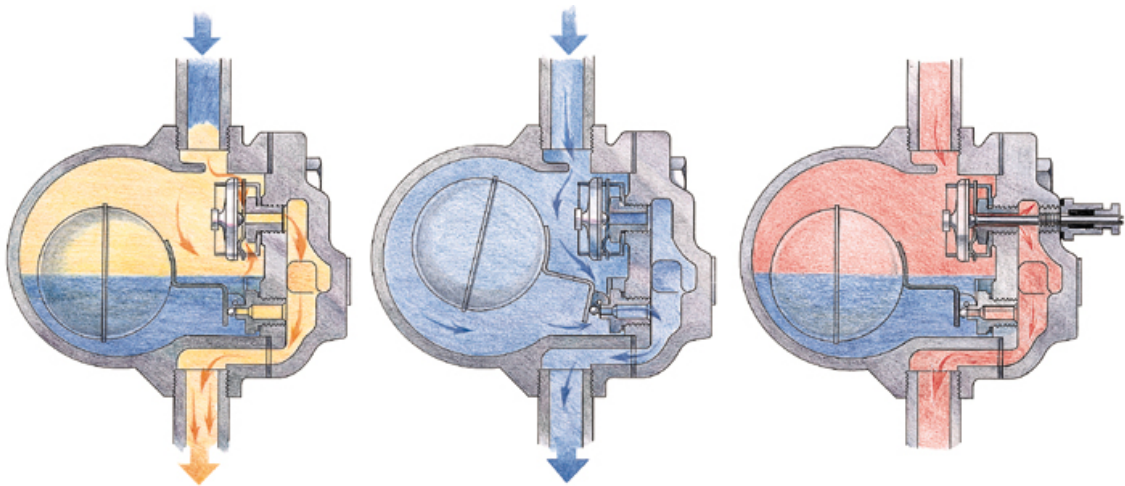


KUVA 7. Putkilämmönvaihdin (mukailtu lähteestä 22)

Lämmönvaihtimille syötettyä höyrynmäärää säädetään 2-tieventtiileillä. Lauhteenpoisto on toteutettu uimurilauhteenpoistimilla. Yhdessä lämmitys- jäähdytysjärjestelmässä on yhteensä viisi höyrylämmönvaihdinta ja viisi jäähdytysvaihdinta. Höyrylämmönvaihtimien maksimi käyttöpaine on 16 bar ja maksimi käyttölämpötila 200 °C. Lämmönvaihtimien teho määräytyy telapositionkohtaisesti asetuslämpötilan ja höyryn määrän mukaan. (19, s. 3.6; 22.)

5.2.4 Lauhteenpoisto ja -talteenotto

Lämmitys- jäähdytysjärjestelmien lämmönvaihtimissa lauhtunut höyry poistetaan lauhdelinjaan uimurilauhteenpoistimen avulla. Uimurilauhteenpoistin toimii paine-erolla myös vaihtelevilla kuormilla ja voimakkailla paineen vaihteluilla. Kuulasulkumekanismeilla ja automaattisella ilmanpoistimella uimurilauhteenpoistin ei jäähdytä lauhdetta, ja poistaa lauhteen lisäksi myös ilmaa järjestelmästä. Uimuri avaa kuulasulkijan, kun lauhteenpoistimeen virtaa lauhdetta. Sisään virrannut lauhde ohjaa sulkijaa ja sulkee ilmanpoistimen. Sulkijan uimuri putoaa sisään virtaavan höyryn seurauksena ja uimurikammioon jäävä lauhde tiivistää pääventtiilin. Kuvassa 8 on esitetty uimurilauhteenpoistimen toimintaperiaate. (14, s. 121 - 126; 15, s. 8 - 9.)



KUVA 8. Uimurilauhteenpoistimen toiminta (14, s. 123)

Lauhde palautetaan piirien höyrylämmönvaihtimien paluupuolelle sijoitetuilla uimurilauhteenpoistimilla järjestelmän yhteiseen lauhteenkeruulinjaan. Höyryntu-

lopaineella lauhde nostetaan ja siirretään lauhteenpoistimilta kalantereiden yhteiseen lauhdesäiliöön. Lauhdesäiliöön on johdettu (liite 1) lauhteutulot myös PK7-linjan päällystyskoneen pastakeittiöltä ja prosessiveden lämmönvaihtimilta. Lauhdetta siirretään pumppujen avulla kalanterien lauhdesäiliöltä päälauhdesäiliölle, josta se johdetaan takaisin voimalaitokselle kattilavedeksi. (14, s. 120 - 123; 25.)

OptiLoad-kalantereiden lauhdesäiliön tilavuus on 1 m³. Lauhdesäiliö on varustettu muun muassa paikallisella paine- ja lämpömittarilla sekä operointipalvelimelta etävalvottavilla paine- ja pinnankorkeuden antureilla. Lisäksi säiliössä on erillinen hönkähöyrylauhdutin, joka varmistaa muodostuneiden hönkähöyryjen lauhtumisen. (16, s. 15; 25.)

OptiLoad-kalantereiden lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän täyttövesilinjojen tulot on liitetty PK7-linjan yhteiseen päälauhdesäiliöön. Lämmin lauhdevesi on jo kertaalleen käsiteltyä, runsaasti lämpöenergiaa sisältävää puhdasta lämmitysainetta. Kalantereiden lämmityspiireissä kiertävän veden on oltava puhdasta ja hapetonta järjestelmän komponenttien ja putkistojen moitteettoman ja pitkäikäisen toiminnan kannalta. (14, s. 3; 19, s. 2.2 - 2.3; 22.)

5.2.5 Paisuntasäiliö

OptiLoad-kalanterien SK71 ja SK72 lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät sisältävät omat paisuntasäiliöt, jotka ovat identtisiä keskenään. Paisuntasäiliöiden tehtävänä on estää järjestelmälle tulevia paineiskuja sekä korjata ja ylläpitää järjestelmän imupuolen painetta. Paisuntasäiliön tilavuus on 1 600 litraa. Säiliöissä on paikallispainemittarit sekä esipaineen täyttöventtiilit. Paisuntasäiliön maksimi käyttöpaine on 10 bar. Suurinta sallittua käyttölämpötilaa +120 °C ei saa ylittää. (19, s. 2.2; 23, s. 4.)

Säiliön toimintaperiaate perustuu sen sisällä olevaan kumikalvoon ja sitä ympäröivään typpikerrokseen, jota rajoittaa säiliön sisäseinämä. Paisuntasäiliöt on asennettu lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien suljettujen telapiirien pumppujen imupuolelle, johon myös järjestelmän täyttövesilinja on kytketty. Täyttövesilinjan ja paisuntasäiliön väliin on asennettu erillinen jäähdytin, joka estää ylikuumenemisen lauhdeveden läpäisyn paisuntasäiliön kalvosta. Veden lämpötila ei saa olla

jatkuvasti yli +70 °C. Jäähdytystorni lisää paisuntasäiliöiden kumikalvojen elinikää merkittävästi. (19, s. 2.2; 23, s. 4.)

Reflex-tuoteluettelon (23, s. 4) mukaan esitäyttöpaineen suuruus on oltava 20 kPa pienempi kuin järjestelmän täyttöpuolen paine järjestelmän ilmauksen jälkeen. Mikäli järjestelmän paine nousee yli paisuntasäiliön esitäyttöpaineen, kalvo vastaanottaa järjestelmässä kiertävää ylimääräistä lauhdevettä. Täyttövesilinja avautuu telakierron imupuolen paineen laskiessa alle 5 bar. Kuumen lauhdeveden tulo voi aiheuttaa painemuutoksia ja paineiskuja järjestelmässä, joita säiliön kumikalvon laajentuminen vastaanottaa lievittäen järjestelmässä esiintyvää mekaanista rasitusta.

5.3 Lämpötilan säätö

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmään on jouduttu asettamaan rajoituksia ensisijaisesti telojen teknisten ominaisuuksien vuoksi. Nopeat lämmitykset tai jäähdytykset aiheuttavat aina lämpöjännitystä kokilliteloissa. Lämpöjännitykset voivat aiheuttaa telan murtumista paperitehtaille ominaisissa olosuhteissa. Kalanterien polymeeritelojen palovauriot ovat myös mahdollisia liian korkeiden lämpötilojen seurauksena. (11; 19, s. 1.1 - 5.1; 24.)

Viiden eri lämmityspiirin ansiosta telaston lämpötilaa voidaan säätää tarkoin telakohtaisesti myös polymeeritelojen suojaamiseksi. Lämmitys- ja jäähdytyspiirit mahdollistavat lisäksi ajon aikana syntyvän kitkalämmön kontrolloimisen. Lämpötilansäätöjärjestelmä on suunniteltu pitämään asetettu lämpötila vakiona myös keskeytyvässä ajossa. (11; 19, s. 1.1 - 5.1; 24.)

Metso DNA -käyttöliittymän avulla lämmitystä ja jäähdytystä voidaan mitata, ohjata ja valvoa OptiLoad-kalantereiden valvomosta. Esimerkiksi paine ja lämpötilantureiden tietoja voidaan seurata ohjausjärjestelmän näytöiltä. Operaattorit voivat asettaa lämpötilasäätimen asetusarvon DNA-käyttöliittymän prosessikaavioista, kun säädin on automaattimoodissa. Mikäli säädin on manuaalimoodissa, voidaan ohjata suoraan lämmitys- ja jäähdytysventtiilien asentoa. Myös järjestelmän kiertopumpun tila voidaan asettaa automaatti- tai manuaalimoodiin. (19, s. 1.1; 24.)

5.3.1 Säätimen tila

Lämmitystä ja jäähdytystä rajoitetaan rajoitintoiminnan avulla lämmittäessä 2 °C / min ja jäähdyttäessä 3 °C / min. Lämpötilan noustessa yli asetetun raja-arvon höyryventtiili sulkeutuu, ja jäähdytysventtiili aukeaa. Operaattorit voivat määrittää lämmitys- ja jäähdytysventtiilit joko automaatti- tai manuaalimoodiin. Lämpötilasäädin asetetaan automaattimoodiin 300 sekunnin viiveen kuluttua, kierrätyspumpun käynnistyksen jälkeen. (19, s. 2.2; 24.)

5.3.2 Pakko-ohjaus

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä on varustettu suojalaitteilla, jotka pysäyttävät kiertopumput putki- tai letkurikon sattuessa. Tämän lisäksi myös höyryventtiilit sulkeutuvat automaattisesti. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän suojaamiseksi on järjestelmään ohjelmoitu seuraavia ehtoja. Mikäli paluu- ja menopuolen lämpötilaero on suurempi kuin 15 °C, lämpötilasäätimen lähtö ohjataan 50 %:iin, jolloin lämmitys- ja jäähdytysventtiilit ovat kiinni. Mikäli piirin paine ylittyy painekytkimellä yli sallitun maksimin, molemmat venttiilit sulkeutuvat. Venttiileitä ei voida avata niin kauan, kun paine on yli maksimiasetusrajan. (13; 19, s. 2.2; 24.)

6 LÄMMITYS- JA JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMIEN NYKYTILA

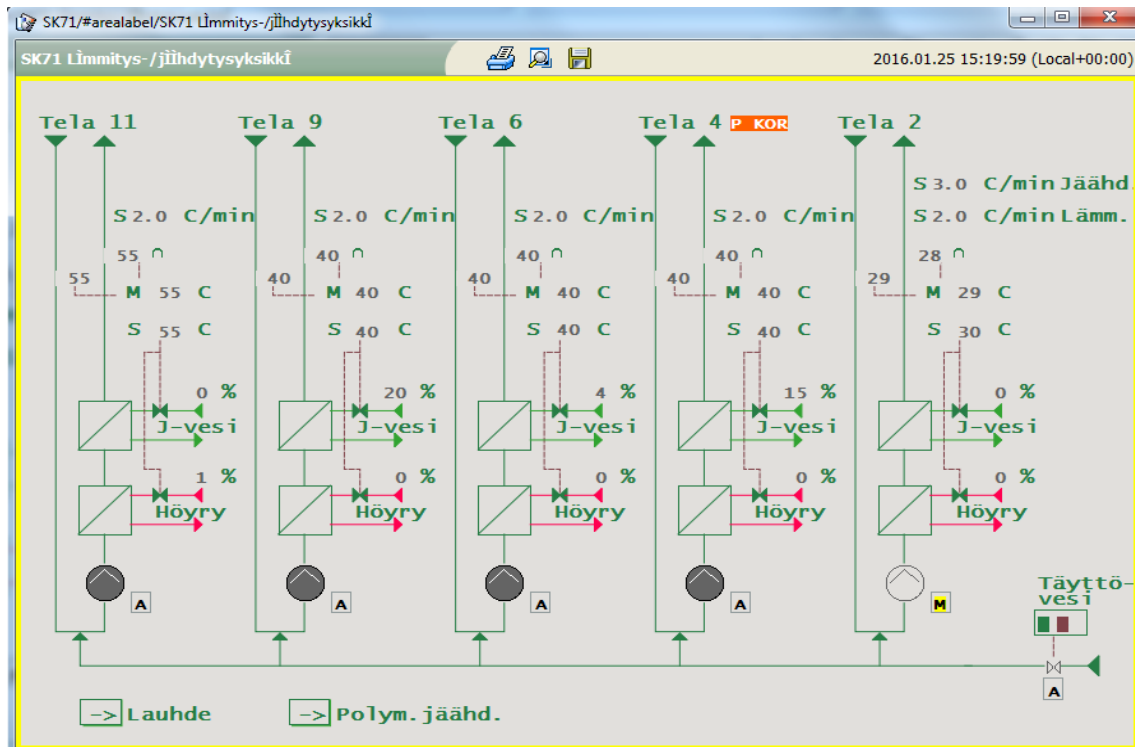
Tässä luvussa tarkastellaan lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmässä esiintyviä vikoja, häiriöitä sekä ennakkohuollon nykytilannetta. Useat ongelmat järjestelmässä heijastuvat tuotannon prosessiin ja pahimmassa tapauksessa aiheuttavat käyttökatkoja OptiLoad-kalantereilla heikentäen koneiden tuottavuutta.

6.1 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmään sekä ympäristöön perehtyminen

Häiriöiden ja vikaantumisien minimoimiseksi on toimivaa ja kustannustehokasta lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmää valvottava ja sen kuntoa on ylläpidettävä suunnitelmallisen jaksotetun kunnossapidon keinoin. Stora Enso Oyj:n operaattorit vastaavat prosessien valvonnasta ja ilmoittavat laatu poikkeamista tai toimintahäiriöistä ja vikaantumisista käyttöpäiväkirjan tai SAP-järjestelmän avulla. Efora Oy vastaa Stora Enso Oyj:n Nuottaaseen tehtaan kunnossapidosta yhdessä prosessissa työskentelevien käyttäjäkunnossapitäjien kanssa. Kunnossapito palveluita tarjoavaa alihankintaa käytetään laajojen ja vaativien kunnossapitotöiden suorittamiseen, mikäli tehtaan oma kunnossapitomiehitys ei ole riittävä. Tiettyyn toimialaan erikoistuneiden asiantuntijoiden apua voidaan hyödyntää ongelmien ratkaisemiseksi tilanteissa, jossa erikoisasiantuntemusta vaaditaan.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän ongelmien lähteelle pääseminen edellytti järjestelmään perehtymistä. Lisäksi oli tunnettava kalanteroinnin toimintaperiaate sekä ohjausjärjestelmät. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmään paneutuminen edellytti useita tunteja kenttätöitä sekä järjestelmän komponenttien ja putkistojen tarkastelua yhdessä PI-kaavioiden ja osaluettelon kanssa.

Metso DNA -käyttöliittymä ja historiatrendien seuranta mahdollistivat muun muassa ajomallien, lämpötilojen, venttiilien asentojen sekä muiden olennaisien parametrien tarkastelun OptiLoad-kalanterista sekä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmästä. DNA:n palvelimien tallennusmahdollisuuksien ansiosta trendien tarkastelu ja analysointi olivat mahdollista myös menneistä tapahtumista. Kuvassa 9 on esitetty lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän DNA-käyttöliittymän prosessikaavio.



KUVA 9. Lämmitys- ja jäähdytysyksikön prosessikaavio Metso DNA -käyttöliittymässä (26)

Kalanterien lämmitys- ja jäähdytysyksikön sivusta (kuva 9) käyvät ilmi muun muassa asetetut lämpötilat, lämpötilojen mittaukset, lämmityksen ja jäähdytyksen lämpötilanopeuden rajoitukset sekä pumppujen käyntitiedot ja -ohjaustilat. Metso DNA -käyttöliittymään liitetyltä operointipäätteeltä ja monitorilta operaattorit voivat seurata ja ohjata prosessia muuttamalla esimerkiksi kyseisiä parametreja. (8, s. 7.)

Tämän opinnäytetyön suorituksessa on käytetty myös Stora Enso Oyj:n Oulun tehtaalla käytössä olevaa SAP-toiminnanohjausjärjestelmää. Järjestelmä mahdollistaa häiriöilmoitusten, tilausten, varastotietojen sekä ennakkohuoltojen seurannan ja hallinnan. OptiLoad-kalanteri SK71:n lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmään kohdistettuja häiriöilmoituksia on esitetty laskevassa aikajärjestyksessä kuvassa 10.

Luettelo Käsittele Siirry Ilmoitus Ympäristö Asgukset Järjestelmä Ohje

Prometheus Navigator: luettelo - ilmoitukset

Ilmoitus Tulosta ilmoitus

V	Lj	Ilmoitusvm	Ilmoittaja	Tekijä	Ilmoitus	Muuttaja	Järj. tila	Tilaisuus	Kuvaus	Toimintopaikka
23	18.01.2016		HUHTAMA	HUHTAMA	303189167	HUHTAMA	ILKÄ	31001286410	SK72 Laja-piirin varojen huollot	OU-2782411
11	30.12.2015		EKRAMIA	EKRAMIA	21521211		ILPÄ	2002912895	SK 71 LAJAJA	OU-2782407
21	28.10.2015		SEPARTO	SEPARTO	303142603	ANTTIDU01	ILPÄ		SK71/72 höyry ja lauhde	FI-OU-301-070-050-730-050
21	23.10.2015		ANTTTIA	ANTTTIA	303139370	SIPOLLES	ILPÄ		SK71 Lämmityspiirin pumppu2	OU-2782412
23			HUHTAMA	HUHTAMA	303150316	SIPOLLES	ILPÄ	31001247401	SK71 Lämmityspiirin 2 pumpun vaihto	OU-2782412
21	29.09.2015		SIMILTI	SIMILTI	303140027	SIPOLLES	ILKÄ	31001286667	SK71 Vetotelan Laja telä4	OU-2782405
11	28.09.2015		ANTTTIA	ANTTTIA	21292606	ANTTTIA	ILPÄ	2002821026	SK71 Lämmityspiirin 1 Laippavuoto	OU-2782411
21	22.09.2015		17185	GRIPPEK	303137024	SIPOLLES	ILPÄ		sk71 vetotelaalle tulevassa putkessa reikä	OU-2782403
11	16.09.2015		PAASONI01	PAASONI01	21226059	SEITEJO	ILPÄ	2002798872	SK71 Lämmityspiirin 2 pumppu	OU-2782412
21	04.09.2015		ANTTTIA	ANTTTIA	303130228	SIPOLLES	ILPÄ		SK71 vetotelan runkolinja	FI-OU-301-070-050-730-050
11	31.08.2015		AULAANT	AULAANT	21226053	AULAANT	ILPÄ		sk71 lämmityspiirin pumppu 2	OU-2782412
11			SIMILTI	SIMILTI	21226125	SIMILTI	ILPÄ		SK71/Lajaja	OU-2782412
21	30.08.2015		SIMILTI	SIMILTI	303127714	PAASONI01	ILPÄ		SK71/Lajaja	OU-2782432
21	25.08.2015		OSTERPE	OSTERPE	303124842	SIPOLLES	ILAV		SK71 lämmönvaihdin	OU-2782432
21	18.08.2015		SIEPPA01	SIEPPA01	303122539	HUHTAMA	ILPÄ	31001223509	Lämmönvaihdin vuotaa	OU-2782432
21			SIMILTI	SIMILTI	303122312	SIPOLLES	ILKÄ		SK71 lämmönvaihdin	OU-2782432
21	30.07.2015		OINASJU	OINASJU	303114670	HUHTAMA	ILPÄ	31001209312	SK71 LÄMMÖNVAIHDIN 7 VUOTAA	OU-2782432
21	28.04.2015		VAAKAMA	VAAKAMA	303076855	OINASJU	ILPÄ	31001170456	SK71 Lajän laippavuoto	FI-OU-301-070-050-730-050
21	30.03.2015		VAAKAMA	VAAKAMA	303062443	LEINOLA02	ILPÄ	31001154189	SK71 ja72 Lajän valot	FI-OU-301-070-050-730-050
S	18.03.2015		LAAPETU	LAAPETU	20861842	OINASJU	ILPÄ	31001158337	SK71 Lajä piiri höyryvuoto	OU-2782406
21			LAAPETU	LAAPETU	303060044	OINASJU	ILPÄ	31001154185	SK71 Lajäpiiri 5 höyryvuoto	OU-2782406
21			LAAPETU	LAAPETU	303060087	OINASJU	ILPÄ	31001154187	SK71 Lajäpiiri 1 höyryvuoto	OU-2782402
21	03.03.2015		EKRAMIA	EKRAMIA	303053898	OINASJU	ILPÄ		SK71 Vesiletku	FI-OU-301-070-050-730-050
21			OINASJU	OINASJU	303053851	OINASJU	ILPÄ	31001144350	SK71 LAJAJA-JÄRJESTELMÄN ERISTYKSET RIKKI	FI-OU-301-070-050-730-050
21	25.02.2015		EKRAMIA	EKRAMIA	303043582	NUMMEVE	ILPÄ	31001134865	SK71 LÄMMITYSPIIRI 3:N PPU:N POKSI VUOTA	OU-2782413
21	10.02.2015		EKRAMIA	EKRAMIA	303043583	OINASJU	ILPÄ	31001134869	SK71 LÄMMITYSPIIRI 4:N PPU:N POKSI VUOTA	OU-2782414
21	13.10.2014		MARJORA	MARJORA	302990164		ILPÄ	31001078329	SK-72 Lajä paisuntasäiliö	OU-2782407
21	28.02.2014		LAAPETU	LAAPETU	302890030	OINASJU	ILPÄ	31000974803	SK-72 Lämmönvaihdin vuotaa	OU-2782404
22	23.02.2014		VUME	PENNANI	302887038	OINASJU	ILPÄ	31000971445	Vesivuoto pumpulla	OU-2782414
21	11.12.2013		LAAPETU	LAAPETU	302850315	OINASJU	ILPÄ	31000932485	SK-71 vetotelan vesikytkimen letkuvuoto.	OU-2782401
21	14.11.2013		LAAPETU	LAAPETU	302836159	OINASJU	ILPÄ	31000919166	Lämmityspiirin pumppu ääntää	OU-2782412
21	11.10.2013		VUOTI	SARVIKA	302818922	SARJAMI	ILPÄ	31000900480	Vuoto pumpulla	OU-2782415
21	23.07.2013		SOMERTA	SOMERTA	302774972	OINASJU	ILPÄ	31000857312	SK-71 Vetotelan höyryputki	FI-OU-301-070-050-730-050
21	10.07.2013		KAARTII	KAARTII	3027681345	STORNI ES	ILPÄ	31000774605	SK71 tala 11 höyryletku vuotaa	FI-OU-301-070-050-730-050

KUVA 10. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän vikailmoitusten luettelo (27)

Häiriöilmoitusten perusteella oli mahdollista selvittää yleisimmät viat ja vikojen toimintopaikat lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmässä. Häiriöilmoituksen kirjaaja, häiriön kuvaukset ja suoritettavat korjaustoimenpiteet kirjataan tarkemmin kirjaukseen. SAP-järjestelmään kirjattujen vikailmoitusten perusteella OptiLoad-kalanteri SK71:n lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän yleisimmät viat (kuva 10) ovat pumppujen ja muiden komponenttien vuodot.

OptiLoad-kalanterien lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän käyttö- ja huolto-ohjeiden kansioista (19) löytyy järjestelmän ja sen komponenttien toimintaperiaatteet. Kansio sisältää lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän toimintakuvauksen sekä ohjeistuksia kunnossapidolle. Useimpien komponenttien valmistajien esitteet löytyvät myös kansioista, joista ilmenee muun muassa komponenttien toimintaperiaatteet, kriittiset mitat, materiaalit ja huolto-ohjeistukset.

Keräämällä informaatiota eri lähteistä ja haastattelemalla kunnossapito- ja tuotanto-organisaatioiden henkilöitä oli mahdollista muodostaa yhdenmukainen toi-

mintakuvaus järjestelmistä ja sen ongelmista. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä esiintyvät toimintahäiriöt, viat ja ongelmat on esitetty tarkemmin seuraavassa alaluvussa.

6.2 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien häiriöt ja ongelmat

OptiLoad-kalanterien lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiin liittyen on havaittu toistuvia toimintahäiriöitä operaattorien toimesta. Yleisimmät häiriöt operaattoreiden suullisten ilmoitusten ja SAP-tietojärjestelmästä havaittujen häiriöilmoitusten perusteella ovat olleet kalanterien kokilitelojen lämpenemisongelmat, painehälytykset lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmässä, järjestelmän vuodot, putkistojen pauke sekä lauhdesäiliön pinnanheittely.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toimintahäiriöt aiheuttavat lisätoimenpiteitä operaattoreille, jonka seurauksena prosessin valvonta ja muut työtehtävät jäävät vähälle huomiolle hidastaen prosessia. Toimintahäiriöt, kuten lämmitysongelmat heijastuvat tuotannon tehokkuuteen negatiivisena tekijänä pidentäen telanvaihtoaikaa ja sen myötä koneen seisonta-aikaa.

6.2.1 Paine- ja lämpötilaongelmat

Operaattorien haastatteluiden ja OptiLoad-kalanterien Metso DNA -käyttöliittymässä esiintyvien hälytysten perusteella on huomattu äkillisiä paineen muutoksia järjestelmässä. Painemuutokset ilmenevät operaattoreille hälytyksinä Metso DNA -käyttöliittymän prosessikaaviosta, esimerkiksi korkeapaine- tai matalapainehälytyksinä.

Paineen nousut suljetussa järjestelmässä voivat aiheuttaa äkillisiä lämpötilamuutoksia telapiirissä. Suuret paineen muutokset voivat aiheuttaa myös telaston pysähtymisen jopa ajon aikana. Mikäli järjestelmän paine ylittää sallitun maksimin, molemmat lämmitys- ja jäähdytysventtiilit menevät kiinni. Venttiilit pysyvät kiinni niin kauan kuin painekytkimen mittaama paine on yli maksimieron, eikä lämmitysventtiiliä voi avata.

Muita lämpötilaan liittyviä ongelmia ovat olleet esimerkiksi telojen eriaikainen lämpeneminen, hidas lämpeneminen sekä järjestelmässä havaitut lämpötilaerot

piirien meno- ja paluupuolella. Järjestelmän ylikuumenemista voivat aiheuttaa muun muassa vesikierrossa tapahtuneet poikkeamat tai tukokset, vialliset höyryventtiilit, epäkunnossa olevat lämpötila-anturit sekä paineen vaihtelut telakierrossa. Paineen vaihtelut ja suuret lämpötilaerot voivat vaurioittaa järjestelmää. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmässä lämpötilan valvominen ja toimenpiteet lämpötilaheittojen estämiseksi ovat siksi tärkeitä tehtäviä järjestelmän toiminnan kannalta.

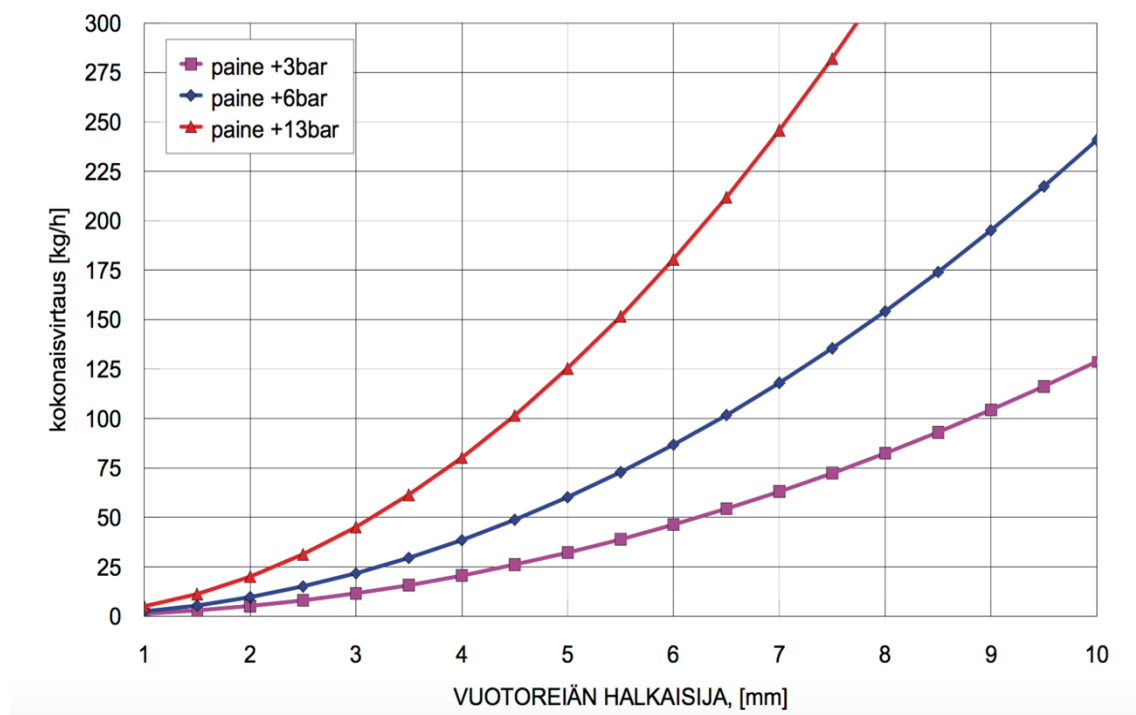
SK71:n lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän toinen piiri (tela positio 4) on kalanterin vetotelan piiri. Vetotelan vesikiertoa edistävän sifoniputken rikkoutuminen aiheuttaa telojen sisällä kiertävän lauhdeveden virtauksessa ongelmia, eikä vesi pääse kulkemaan tasaisesti telaston sisällä. Ongelma on heijastunut kalanterointiprosessiin muun muassa telapiirissä esiintyvänä lämpötilanheittolina, telan lämpenemisen hitautena sekä painehälytyksinä DNA-käyttöliittymässä.

6.2.2 Vuodot

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmään kohdistettujen häiriöilmoitusten perusteella järjestelmässä ja sen komponenteissa esiintyvät vuodot ovat usein syynä korjauville kunnossapitotöille. Vuotoja on havaittu järjestelmien vesikierroissa muun muassa putkistoissa, pumpuissa, lämmönvaihtimissa, sulkuventtiileissä ja telojen vesikytkimissä. Höyry- ja lauhdejärjestelmässä havaittuja vuotokohtia on esiintynyt lauhteenpoistimissa, lämmönvaihtimissa, venttiileissä sekä putkistoissa. Vuotojen tarkastaminen on huomioitu myös Efora Oy:n ennakkohuolto-ohjelmassa sekä Stora Enso Oyj:n operaattoreille suunnatuissa tarkistuskierroksessa.

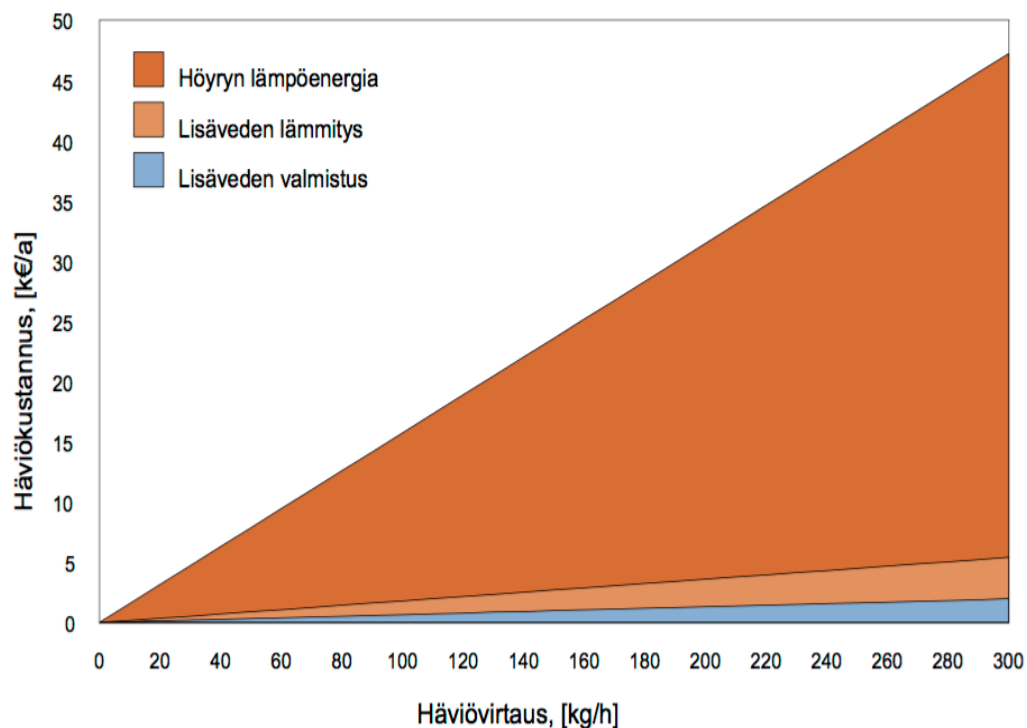
Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien vesikierrossa havaittuja vuotokohtia esiintyi muun muassa pumppujen tiivisteissä, kalanterien telojen vesikytkimissä, täyttövesilinjan säätöventtiilissä ja SK71:n lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän paisuntasäiliön kalvossa. SAP-kirjauksissa esiintyneet vuotokohdat ja selvityksen aikana löydetty vuodot kohdistuivat pääsääntöisesti putkistojen tai komponenttien liitoskohtiin. Useissa tapauksissa vuodon aiheuttajaksi osoittautui viallinen tiiviste, joka ei enää kyennyt toimimaan tarkoitetulla tavalla päästäten nesteen tai höyryn vikaantuneesta kohdasta läpi.

Selvityksen edetessä höyry- ja lauhdejärjestelmässä vuotoja havaittiin höyrylinjan vedenpoiston ja piirien lauhdelinjan liitoskohdassa, SK72:n kahdessa lauhteenpoistimessa, SK71:n kahdessa lämmönvaihtimessa sekä höyrynsäätöventtiilissä. Lisäksi molempien järjestelmien höyrylinjojen vedenpoiston sulkuventtiilien vuodot havaittiin heti selvityksen aloituksen yhteydessä. Höyry- ja lauhdevuodon vuotoreiän halkaisijan ja paineen vaikutus vuotoreiän läpivirtaukseen on esitetty kuvassa 11.



KUVA 11. Höyryn kokonaisvirtaus vuotoreiän halkaisijan ja paineen funktiona (28, s. 93)

Höyry- ja lauhdevuodot lisäävät höyrynkulutusta, ja voivat aiheuttaa vaaratilanteita työympäristössä. Mekaaniset vuodot tulee korjata mahdollisimman nopeasti myös vuodosta aiheutuvien häviökustannuksien minimoimiseksi. Vuotoreiän aiheuttaman kokonaisvirtauksen määrittämisen jälkeen voidaan selvittää vuodosta aiheutuvat kustannukset. Kuvassa 12 on esitetty höyry- ja lauhdevuodoista aiheutuvat kustannukset vuodessa. (28, s. 93 - 94.)



KUVA 12. Höyry- ja lauhdevuodon aiheuttamat häviökustannukset vuodessa (28, s. 94)

Höyry- ja lauhdejärjestelmien vuodot alentavat järjestelmän hyötysuhdetta nostaten sähkönkulutusta ja polttoaineenkulutusta. Motivan mukaan höyryvuodoista aiheutuvat kustannukset voidaan jakaa muun muassa höyrynlisäveden valmistukseen, lisäveden lämmitykseen sekä höyryn lämpöenergian hukkakustannuksiin. Häviökustannuksien laskennassa käytetyt hinnat ja lämpöarvot ovat teollisuudessa yleisesti käytettyjä hinta-arvioita. Hinnat ja lämpöarvot on esitetty taulukossa 2. (28, s. 94 - 107.)

TAULUKKO 2. Energiatehokkuustarkastelun laskentaperusteet (mukailtu lähteestä 28, s. 107)

Laskennassa käytetyt hinnat ja lämpöarvot	
Prosessilämmön hinta, HVP	28 €/MWh
Sähkön hinta	50 €/MWh
Maakaasun hinta	30 €/MWh
Biopolttoainehinta	20 €/MWh
Lisäveden valmistus	0,75 €/m ³
Lisäveden lämmitys	1,25 €/m ³
Hiilidioksidivähenemän kerroin	500 kg,CO ₂ /MWh,th
CO ₂ päästöoikeudet (tapauskohtainen)	15 €/tn,CO ₂
Vuotuinen käyttöaika: höyrynjakelu	8000 h/a
Välipainehöyryn entalpia (+12 bar, 208°C)	2830 kJ/kg
Matalapainehöyryn entalpia (+ 3 bar, 154°C)	2760 kJ/kg
Lauhteen entalpia (105°C)	430 kJ/kg
Voimalaitoksen kokonaisrakennusaste (tapauskoht.)	

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien vuodoista aiheutuneita lisäkustannuksia on arvioitu Motivan energiakatselmuksen (28, s. 94 - 107) mukaisten hintojen perusteella. Höyrylinjan vedenpoiston kahden sulkuventtiilin vuotoaukon halkaisijoiden arvioitiin olevan noin 3 mm/venttiili. Lauhteenpoistimen laippavuodon halkaisijaksi mitattiin 2 mm sekä rungon ja kannen välisen lohkeaman vuodon halkaisijaksi 4 mm. HVP-höyryn lauhteenpoistolinjan ja lauhdelinjan välisen yhteyden vuotoaukon halkaisijaksi mitattiin 2 mm.

Motivan energiakatselmuksen (28, s. 94 - 107) mukaan vuotoreiän virtaus voidaan määrittää vuotoreiän halkaisijan ja paineen avulla kuvasta 11. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien HVP-höyrynpaine on noin 10,8 bar. Kustannuksien määrittämisen esimerkissä on käytetty lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän ulkoisia vuotoja. HVP-linjan vedenpoiston sulkuventtiilien vuodon hukkavirraksi arvioidaan 2 x 30 kg / h = 60 kg / h. Lauhteenpoistimen laippavuodon hukkavirta on 15 kg / h ja lohkeaman noin 50 kg / h. Vesityksen ja lauhdelinjan välisen yhteyden vuoto on noin 15 kg / h. Kuvan 12, s.12 diagrammista on luettavissa näkyvien vuotojen arvioidut hukkakustannukset vuositasona.

Arviot höyry- ja lauhdejärjestelmän vuotojen kustannuksista vuositasolla ovat seuraavat:

- vedenpoiston sulkuventtiilien vuodot 10 000 €
- lauhteenpoistimen laippavuoto 3 000 €
- lauhteenpoistimen rungon vuoto 7 500 €
- putkiyhteen vuoto 3 000 €.

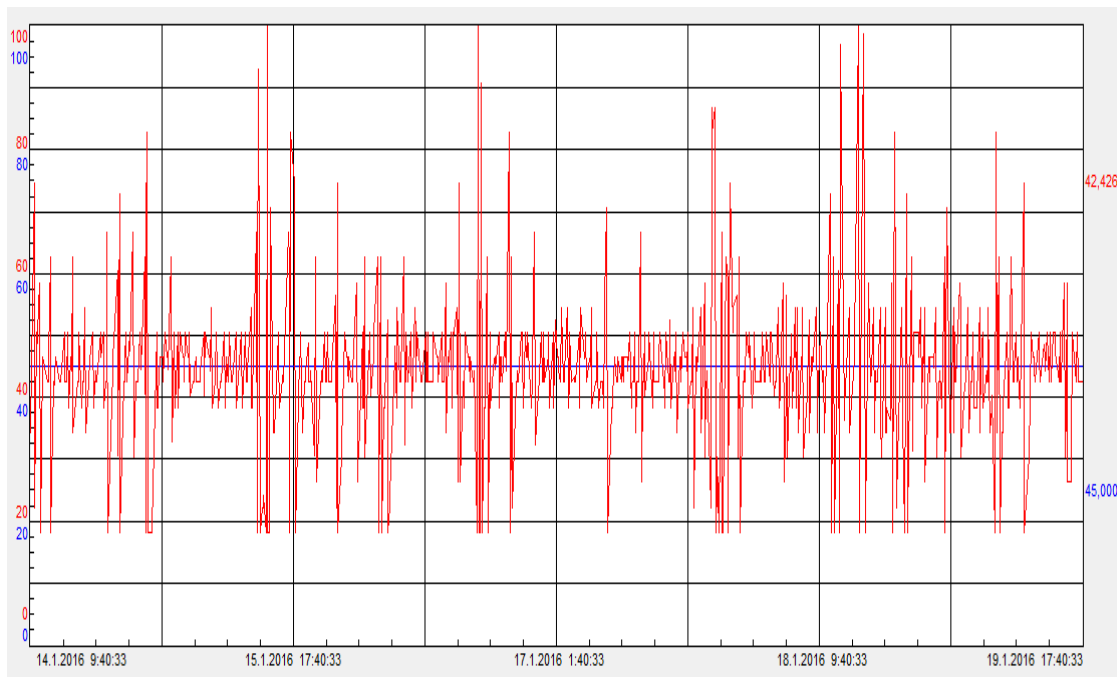
Järjestelmien ulkoisista höyry- ja lauhdevuodoista aiheutuvat kustannukset ovat yhteensä noin 23 500 €. Hukkavuotojen kustannusarviot osoittavat pienenkin vuodon korjaamisen kannattavuuden. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän kustannuksissa voidaan säästää merkittävästi energiakustannuksissa, kun höyry- ja lauhdevuotoihin puututaan nopeasti.

6.2.3 Lauhteen poistuminen

Selvitystä käynnistettäessä lähtötietojen, haastatteluiden ja ympäristöön paneutumisen yhteydessä ihmeteltiin ja pohdittiin erityisesti OptiLoad-kalanterien läheisyydessä kuuluvaa putkistojen kovaa paukkumista. Paukkeen alkulähteeksi epäiltiin lauhteenpoisto-ongelmaa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän lauhdelinjassa. Lauhteista, lauhteidenpoistomenetelmistä ja lauhteiden talteenotosta ei ollut juurikaan informaatiota tehtailla eikä järjestelmä tai sen toimintaperiaate ollut ennestään tuttu ennen selvitystä. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä ja sen ulkoiset liitännät eivät olleet kovinkaan tuttuja Stora Enso Oyj:n operaattoreille eikä Efora Oy:n kunnossapitohenkilöille.

OptiLoad-kalanterien lauhdesäiliön (liite 1) pinnan heittely on yksi tuotannossa havaituista ongelmista. Säiliön pinnan kohoamisen seurauksena myös säiliönpaine on noussut merkittävästi. Lauhdesäiliön pinnan ja paineen nousun seurauksena lauhdetta ja hönkähöyryä on karannut lauhdesäiliön tyhjennyslinjan ja varoventtiilin kautta kanaaliin. Pinnan heittelyyn on reagoitu muun muassa lauhdesäiliön tyhjennysventtiiliä avaamalla ja käynnistämällä varapumppu lauhteen pumppauksen tehostamiseksi. Ennen opinnäytetyön aloitusta lauhdesäiliön pinnan heittelyä varten oli jo tehty kunnossapitotöitä ja juurisyyanalyysi, jonka perusteella jumiutunut lauhdesäiliön tyhjennyslinjan takaiskuventtiili vaihdettiin.

Kuvassa 13 on esitetty lauhdesäiliön pinnankorkeus prosentteina 0 - 100 % tarkasteltavan ajanjakson aikana. Säiliön pinnankorkeuden asetusarvo on merkitty sinisellä lineaarisella viivalla. Asetusarvo 45 %, tarkoittaa säiliön olevan 45 % täysi kokonaiskapasiteetistaan.



KUVA 13. Lauhdesäiliön pinnankorkeuden trendi (29)

Lauhdesäiliön pinnankorkeutta voidaan seurata reaaliajassa operaattoreiden toimesta Metso DNA -käyttöliittymän sivulta prosessikaaviosta. Antureiden mittatietoja voidaan hakea ja seurata myös historiasta. Kuvassa 13 on esitetty lauhdesäiliön pinnankorkeuden käyttäytymistä noin viiden vuorokauden ajalta. Trendin piikikkyys osoittaa, että lauhdesäiliön pinnan korkeudessa esiintyy edelleen suuria muutoksia. Pinnankorkeuden lähestyessä 100 % uusiokäyttöön tarkoitettua lauhdetta ajautuu myös kanaaliin ylijouksun kautta, eikä kaikkea lauhdetta voida hyödyntää edelleen muissa prosesseissa.

6.2.4 Lämmitys ja jäähdytysjärjestelmän ennakkohuollot

OptiLoad-kalantereiden lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien ennakkohuolto-ohjelmaan perehdyttiin SAP-järjestelmän avulla. Tietojärjestelmästä selvisi, että ennakkohuollon kunnossapitotyöt tehtiin järjestelmille säännöllisesti noin kolmen

kuukauden välein. Ennakkohuollot oli kirjattu SAP-järjestelmään kunnossapitoilmoituksiksi aina vuoteen 2010 asti. Tämän jälkeen ennakkohuollot oli siirretty toistuviksi tilauksiksi, jonka seurauksena ennakkohuolto-ohjelma uusiutuu järjestelmän työlistalle automaattisesti määrätyin väliajoin.

Ennakkohuolloilla varmistetaan järjestelmien toimintakunnon taso säännöllisillä tarkistuksilla, ennaltaehkäistään järjestelmien tulevia häiriöitä sekä kunnostetaan järjestelmässä esiintyviä ongelmia ennakkohuoltokierrosten pohjalta. Nykyinen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän ennakkohuolto-ohjelma sisältää pumppujen ja lämmönvaihtimien toiminnan ja vuotojen tarkastamisen. Sisällöltään nykyinen ennakkohuolto-ohjelma on niukka ja sen sisältämät toimenpiteet mahdollistavat vain häiriöihin tai jo vikaantuneiden komponenttien havaitsemisen.

Pumppujen ja lämmönvaihtimien toiminnan tarkastaminen on vaikea suorittaa tuotannon aikana järjestelmän korkean lämpötilan ja suuren paineen vuoksi. Komponenttien toimintakunnon tai toimintapoikkeamien tarkastaminen muiden kuin vuotojen osalta on mahdollista vain tarkastamalla Metso DNA:n operointipalvelimen avulla lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmään kohdistuneet hälytykset ja käyntitiedot sekä haastattelemalla operaattoreita.

7 TOIMENPITEET JA PARANNUSEHDOTUKSET

Nykytilan ja ongelmien kartoituksen jälkeen paneuduttiin OptiLoad-kalanterien lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän ongelmien ratkaisemiseen. Tässä luvussa käsitellään toimenpiteitä, joilla saatiin ratkaisuja havaittuihin ongelmiin sekä rajattiin pois mahdollisia ongelman aiheuttajia. Lisäksi tavoitteena oli tuottaa parannusehdotuksia, päivittää ennakkohuolto-ohjelmaa sekä rakentaa kunnossapito-organisaatiota ja tuotannon työntekijöitä helpottavat turvallisuustoimenpidekaavakkeet ennen kunnossapitotöiden aloittamista.

7.1 Menetelmiä työturvallisuuden parantamiseksi

Työturvallisuus ja työhyvinvointi ovat lainsäädännössä huomioituja arvoja, jotka velvoittavat työnantajan keskittämään resursseja ja noudattamaan niihin kuuluvia toimenpiteitä työpaikoilla. Turvallisen työympäristön edellytyksenä on, että turvallisuus on läsnä työpaikalla johtamisessa, työhön perehdyttämisessä sekä työku-
lttuurissa. Kaikkien osapuolien on noudatettava yhteisiä pelisääntöjä turvallisuuden saavuttamiseksi ja säilyttämiseksi.

Stora Enso Oyj:n Nuottasaaren tehtaalla suoritetaan vaaranarviointi ennen kunnossapitotöiden aloitusta. Vaaranarvioinnissa käydään läpi työkohteen työvaiheet ja turvallisuustoimenpiteet. Mikäli työkohteessa vaaranarvioinnin perusteella havaitaan riski tai työturvallisuutta vaarantava tekijä, täytetään vaaranarvioinnin menettelytapojen mukainen NET-lomakkeen (liite 2, 3 ja 4) toimenpidekaavake.

7.1.1 NET-lomakkeet

NET-lomakkeen ja sen toimenpidekaavakkeen avulla saatetaan koneet ja ympäristö NET-tilaan kunnossapitotöiden työturvallisuuden parantamiseksi. NET-lomakkeet on tehty työkohteisiin, jossa työ vaatii prosessissa, laitteissa tai laitteistossa tehtäviä muutoksia. NET-lomakkeesta ja toimenpidekaavakkeesta ilmenee muun muassa työkohde, huollettava konepaikka tai positio, työkohteen turvavarustus, työympäristö, haitalliset kuormitustekijät sekä NET-tilan saavuttamiseksi vaaditut toimenpiteet.

OptiLoad-kalantereiden lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmille valmiita NET-lomakkeita oli tehty muun muassa lauhdesäiliölle ja lämmönvaihtimen vaihdolle. Opinäytetyön edetessä huomattiin, että osa NET-lomakkeista oli puutteellisia, eikä kaikkiin tarpeellisiin kunnossapitotöihin löytynyt NET-lomakkeita. Lomakkeissa esiintyviä puutteita olivat muun muassa väärät komponenttien positiot ja suljettavien komponenttien positioiden puuttuminen kokonaan.

NET-lomakkeet täydennettiin ja uusien lomakkeiden vaaranarviointi suoritettiin kunnossapitotöiden turvaamiseksi. Apuna käytettiin Stora Enso Oy:n operaattoreita, Efora Oy:n kunnossapitohenkilöstöä sekä molempien yritysten toimihenkilöitä. Uudet ja päivitetyt NET-lomakkeet on lisätty selvitykseen liitteet-osioon liitteiksi 2, 3 ja 4.

7.1.2 Komponenttien tunnistekyltit ja komponenttien lisäys

NET-lomakkeiden päivityksen ja järjestelmään perehtymisen yhteydessä havaittiin puuttuvia ja viallisia komponenttien tunnistekylttejä. Puutteelliset kyltit tilattiin ja asennetaan komponentteihin kylttien saavuttua. Lisäksi operaattoreiden toiveena oli, että lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän putkistot merkitään tunnistuskylteillä, jotta putkistot ja niissä virtaava aine on tunnistettavissa ilman suurempia tutkimuksia ja turhilta epäselvyyksiltä vältytään. Lisäksi OptiLoad-kalanterien SK71 ja SK72 lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien lauhdelinjojen tyhjennysventtiileille lisätään positiot ja uudet tunnistekyltit tilataan.

OptiLoad-kalanterin SK72 lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän kenttätutkimuksien ja NET-lomakkeiden päivityksen yhteydessä havaittiin tarve HVP-linjan sulkuventtiiliin lisäykselle. Höyrylinjan sulkuventtiin lisäyksellä mahdollistetaan SK72 lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän höyryn sulkeminen nopeasti kunnossapitotöiden työturvallisuuden parantamiseksi ja töiden käynnistämisen nopeuttamiseksi. SK72:n lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän höyrypuolen kunnossapitotöiden aloittaminen on ollut mahdotonta ennen muiden HVP-höyryä kuuluttavien koneiden alasajoa. Ainoa sulkuventtiili järjestelmien sulkuventtiiliin (liite 1) lisäksi sijaitsee paperikonelinjan toisessa päässä.

Muutostyöstä tehtiin kustannusarviopyyntö Efora Oy:n insinööripalveluille muutostyökirjauksena SAP-järjestelmän avulla. Kustannusarvio sisälsi venttiiliin

asennuksen ja uuden komponentin position lisäyksen. Kustannusarvio hyväksyttiin Stora Enso Oyj:n tuotantomestarin toimesta. Uusi sulkuventtiili lisätään tulevassa seisokissa, jossa HVP-linja saadaan paineettomaksi.

7.2 Menetelmiä ongelmien selvittämiseksi

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän tarkistukset ja valvonta kuuluvat Stora Enso Oyj:n operaattoreille. Tehtaalla käytössä olevien TTV (tuotannon tekninen valvonta) -kierrosten myötä tuotannon osallistumista järjestelmien toimintakunnon säilyttämiseksi on pyritty tehostamaan. Operaattorit raportoivat havaitut häiriöt SAP-järjestelmään. Häiriöilmoitusten pohjalta havaittuihin häiriötilanteisiin voidaan reagoida nopeasti, ja vakavilta vikaantumisilta voidaan välttyttyä.

OptiLoad-kalantereiden lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien ennakko- huollot on jaksotettu ja ne toteutetaan ennakko- huolto-ohjelman mukaisesti noin kolmen kuukauden välein. Suuremmat huollot ja suunniteltu korjaaminen suoritetaan jälkikäsittely- tai kunnossapitoseisokeissa. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän toistuvien ja useiden eri ongelmien seurauksena operaattoreiden häiriöilmoitusten teko on jäänyt vähälle, eikä kaikki ongelmat ole saavuttanut Efora Oy:n kunnossapito-organisaatiota.

Selvityksen aikana käytiin läpi lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toimintaperiaatetta ja pyrittiin suorittamaan kunnossapitotöitä järjestelmän häiriöttömän toiminnan tehostamiseksi. Toimenpiteitä suoritettiin kunnossapitoseisokeissa sekä jälkikäsittelyn viikkoseisakeissa. Tehtaan laajuisen lauhteenpoistomittauksien yhteydessä suoritettiin lauhteenpoistomittaukset ja poistimien kuntoanalyysit myös lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien lauhteenpoistimille alan asiantuntijan toimesta.

7.2.1 Kunnossapitoseisokit

Tämän selvityksen ensimmäisessä kunnossapitoseisokissa OptiLoad-kalanteri SK71:lle suoritettuja kunnossapitotöitä olivat muun muassa mutata- skujen-, painemittareiden-, impulssiputkien-, ilmanpoistimien-, paisuntasäiliön palkeen sekä lauhdeputken takaiskuventtiilin tarkastaminen. Lisäksi vaihdettiin epäkunnossa

oleva lauhdesäiliön paineilmamittari. SK72:lla suoritettiin lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän varoventtiilien määräaikaishuolto. Molempien kalantereiden kunnossapitotyöt suoritti alihankkija

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä asetetaan NET-tilaan kunnossapitoseisokin tulevia kunnossapitotöitä varten. Tarvittavat toimet suorittaa Stora Enso Oyj:n operaattorit valmiiksi laadittujen NET-kaavakkeiden pohjalta. SK71:n järjestelmän kiertopuppujen pysäytyksen yhteydessä paisuntasäiliön esitäyttöpaine romahti 4,5 bar:sta 0 bar:iin. Äkillinen paineen lasku viittasi lauhdesäiliön kalvon rikkoontumiseen. Erillistä paisuntasäiliön kalvon toimintakunnon tarkastamista ei tämän vuoksi suoritettu.

SK71:llä mutataskujen tarkastamisen yhteydessä ei löytynyt merkittäviä epäpuhtauksia, jotka estävät järjestelmän normaalin toiminnan. Painemittareiden ja niiden impulssiputkien tarkastuksessa huomattiin, että osa paikallisista painemittareista oli viallisia sekä painemittareiden paineyhteydet olivat täyttyneet järjestelmän vesikierron epäpuhtauksista. Vialliset painemittarit korvattiin uusilla ja impulssiputkien epäpuhtaudet poistettiin putkista. Impulssiputkien ja painemittarin alkuperäiset sulkuventtiilit korvattiin tyhjennyksellä varustetuilla sulkuventtiileillä. Säännöllisten tyhjennyksien avulla impulssiputkien epäpuhtaudet voidaan poistaa tulevaisuudessa kätevästi ja paineyhteyksien tukkeutuminen voidaan estää jatkossa.

Myöhemmissä seisokkisuunnitelmissa on tarkoitus vaihtaa ensimmäisen piirin höyrynsäätöventtiili sekä virittää ja simuloida kaikkien SK71 lämmitys- ja jäähdytyspiirien höyryventtiilit. Töitä jouduttiin siirtämään seuraaviin kunnossapitoseisokkeihin muun linjan lisääntyneiden työkohteiden vuoksi. SK72:lla suoritettavia kunnossapitotöitä olivat muun muassa ilmanpoistimien-, mutataskujen- sekä paikallisten painemittareiden ja impulssiputkien toimintakunnon tarkastaminen.

SK72:lla mutataskujen tarkistuksessa ei löydetty mutataskujen sihdeistä suuria tai normaalia poikkeavia partikkeleita, mitkä olisivat voineet vaikuttavaa prosessiin negatiivisesti. Havaitut vialliset lämmitys- ja jäähdytyspiirien paikalliset painemittarit korvattiin uusilla. Tarkastuksien yhteydessä painemittareiden impulssiputket havaittiin tukkeutuneeksi myös SK72:n puolella. Painemittarit käytettiin irti ja

impulssiputkien tukokset avattiin, minkä seurauksena useiden painemittareiden mittavirheet poistuivat.

7.2.2 Jälkikäsittelyseisokit

Oulun tehtaan PK7:lla koko linjaa koskevat suunnitellut kunnossapitoseisokit järjestetään noin kuuden viikon välein. Linjalla on otettu käyttöön viikoittaiset jälkikäsittelyseisokit, joissa tarvittaessa huolletaan ja korjataan paperilinjan jälkikäsittelykoneita kuten kalantereita, leikkureita tai uudelleenrullauskonetta. Jälkikäsittelyseisokit vähentävät koko linjan laajuisten kunnossapitoseisokkien työkuormaa ja parantavat jälkikäsittelyn koneiden toimintavarmuutta.

Jälkikäsittelyseisokkien työt ovat yleisesti häiriökorjaamista, siirrettyjen häiriöiden korjaamista tai tilaisuuksia ennakkohuoltojen toteuttamista varten. Jälkikäsittelyseisokeissa tehtyjä toimenpiteitä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmille selvityksen aikana olivat muun muassa vuotojen korjaukset, vesikytkimien ja vesiletkujen vaihdot sekä paisuntasäiliön uudelleen paineistaminen vuotavaksi todetun kalvon myötä.

Selvityksen aikana järjestelmän lämpötiloja seurattiin ja mitattiin. Mittauksien yhteydessä havaittiin poikkeamia piirien lämpötiloissa. Operointipäätteeltä asetetut ja mitatut lämpötilat olivat ristiriidassa käsin suoritettujen lämpötilamittausten kanssa. Suurin poikkeama esiintyi SK71:n piirillä 1 tilanteessa, jossa piirin höyryventtiiliin tulisi olla suljettu. Lämpötilan asetus telalla tuona ajankohtana oli 30 °C. Lämpötilan käsimitauksia suorittaessa lämpötilan huomattiin vaihtelevan 35 - 90 °C välillä. Lämpötilaheittelyt havaittiin myös piirin 1 vesikierron menopuolen lämpötila-anturin mittatietojen historiatrendeistä.

Havaitun höyrynsäätöventtiilin lämpötilojen käyttäytymisen perusteella oletettiin venttiiliin olevan epäkunnossa. Höyryventtiilin vaihto suoritettiin jälkikäsittelyseisokissa automaatiokunnossapidon toimesta. Höyrynsäätöventtiilin vaihdossa venttiiliä testattiin ja se todettiin vuotavaksi. Lämmityspiirin lämpötilojen normalisoituminen havaittiin välittömästi höyrynsäätöventtiilin vaihdon jälkeen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän ensimmäisen piirin lämpötiloista piirretystä trendistä.

Jälkikäsitellyseisokeissa perehdyttiin myös höyrylämmönvaihtimien vuotoihin, joiden epäiltiin olevan osasyyttekijä toistuville painehälytyksille. Höyrylämmönvaihtimien vuotoa vesikiertoon testattiin pakottamalla höyrynsäätöventtiili auki. Vesikierron sulkuventtiilit suljettiin ja tyhjennysventtiili avattiin, jolloin lämmönvaihtimien kiertovesi poistui avatun tyhjennyksen kautta. Höyryvuoto havaittiin siten, että höyry pääsi lämmönvaihtimen suljetun spiraalirakenteen läpi vesikiertoon nostaen tyhjän vesikierron painetta yli 5 baariin. Uusi höyrylämmönvaihdin tilattiin ja vaihdettiin jälkikäsitellyseisokissa. Vaihdettu lämmönvaihdin tutkitaan, ja mahdolliset viat korjataan mahdollisuuksien mukaisesti.

7.2.3 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien lauhteenpoisto

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä epäiltyjen lauhteenpoisto-ongelmien myötä Efora Oy oli yhteydessä Spirax Oy:n asiantuntijoihin. Opinnäytetyön aloituksen ja työn aiheen myötä toimin yhteyshenkilönä Spirax Oy:n kanssa käytävissä keskusteluissa järjestelmiin liittyen. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmistä toimitettiin eri arvoja muun muassa paine-, virtaus- sekä lämpötilamittauksien tuloksista järjestelmän hahmottamiseksi.

Höyry- ja lauhdejärjestelmän toiminnan ja energiansäästön kannalta on edullista, että järjestelmissä lauhtuva höyry poistuu asianmukaisesti lauhtuessaan lämmityskohteessa. Lauhteiden hyödyntäminen jatkossa eri prosesseissa ja sen siirto takaisin voimalaitokselle nostaa höyry- ja lauhdejärjestelmän kustannustehokkuutta muun muassa energiansäästöjen kautta. Efora Oy sopi erillisen toimeksiannon Spirax Oy:n kanssa, jonka huoltoteknikko suoritti Nuottasaaren tehtaan PK6:n ja PK7:n lauhteenpoistimien kunto- ja virtausanalyysin.

Lauhteenpoistoon liittyvät lämpötila- ja ultraäänimittaukset suoritti Spirax Oy:n huoltoteknikko. Haapalaakson (30) mukaan SK71:n lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien piireiltä 1 ja 2 mitattujen pintalämpötilojen ja lauhteenpoistimien virtausmittauksien perusteella lauhteenpoisto höyrylämmönvaihtimista on syklistä. Lauhde poistuu epätasaisesti aiheuttaen lämmönvaihtimien sakkausta. SK71 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän piirissä 3 on väärän tyyppinen termostaattinen kapselilauhteenpoistin. Termostaattinen lauhteenpoistin tarvitsee paine-eron

lisäksi lauhteen alijäähtymistä ennen sen avautumista ja siksi tulisi vaihtaa uimurilauhteenpoistimeen mahdollisimman nopeasti. Piirien 4 ja 5 lauhteenpoisto toteutui hyvin mittauksien mukaan.

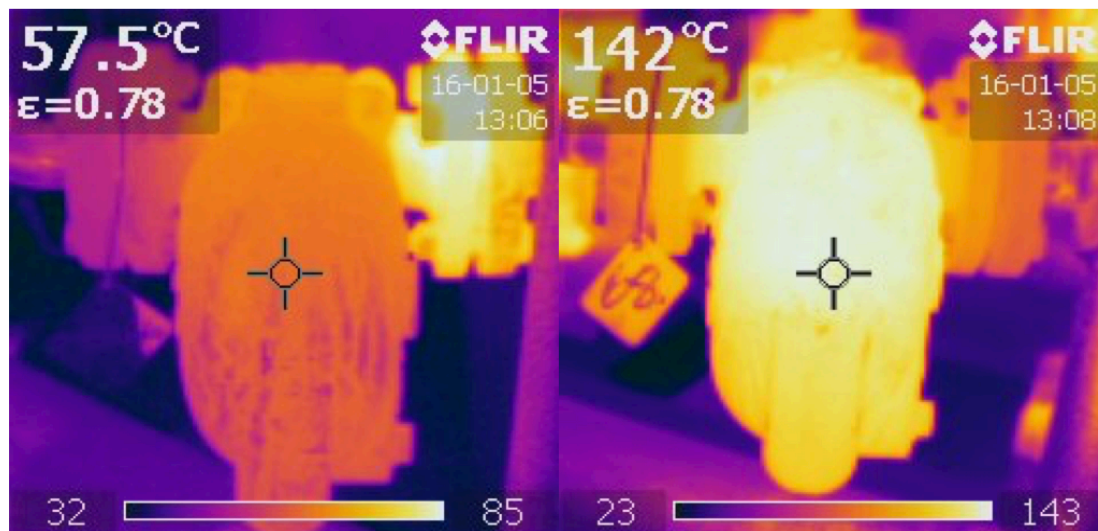
Haapalaakson (30) lämpötila- ja ultraäänimittauksen mukaan SK72:n lämmityspiirin 1 höyrylämmönsiirtimeen lauhteenpoisto oli syklistä ja lämmönsiirtimeen kerääntyy lauhdetta, joka poistuu jaksoittain kerralla isommassa erässä. Piirin 2 uimurilauhteenpoistin vuotaa, ja tästä syystä ultraäänimittauksessa ei pystytty toteamaan tarkkaa lauhteen poistumista. Piirin 3 höyrylämmönsiirtimeen lauhteenpoisto oli tehdyn mittauksien mukaan syklistä. Sakkausta oli havaittavissa myös 4 piirillä. Piirin 5 höyrylämmönsiirtimeen lauhteenpoisto oli tasaista. Höyrynsäätöventtiili oli mittaushetkellä riittävän auki ja lauhteenpoistimien yli toteutui jatkuvasti riittävä paine-ero. Piiri 5 oli ainut SK72:n piiri, jossa ultraäänimittauksien mukaan höyrylämmönvaihtimen lauhteet poistuvan vaihtimesta ongelmitta.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien selvityksessä, (32, s. 4 - 9) SK72:n lämpötilamittauksien ja ultraäänimittauksien yhteenvedossa, piirien 1 ja 2 höyrylämmönvaihtimissa lauhteenpoisto on syklistä, eli lauhdetta kerääntyy lämmityskäytön aikana ajoittain siirtimeen. Järjestelmän piirien 3 - 5 höyrylämmönvaihtimien paine-ero pitäisi olla riittävä lauhteenpoistoon, mikäli poistimet ovat kunnossa.

Tuloksien analysoinnin päätteeksi yritys laati raportin, jossa esitetään lauhteenpoistimien toiminta ja suositeltavat toimenpiteet järjestelmän toiminnan tehostamiseksi. Spirax Oy:n mukaan lämmitys- ja jäähdytyspiirien paine-ero ei ole riittävä poistamaan lauhdetta jokaiselta piiriltä, vaikka järjestelmän lauhteenpoistimet ovat uimurilauhteenpoistimia, jotka ovat toimintaperiaatteeltaan suositeltavia höyrylämmönvaihtimien lauhteenpoistoon. Ongelman korjaamiseksi ehdotettiin esimerkiksi pumppaavien uimurilauhteenpoistimien käyttöönottoa. Poistimien avulla lauhde pystyttäisiin siirtämään säiliöön myös matalammissa lämpötiloissa esteettömästi eikä suurta paine-eroa enää tarvita.

Useat tarvittavat arvot lauhteenpoisto-ongelmien ratkaisemiseksi löytyivät suoraan PI-kaavioista, järjestelmien käyttöoppaista sekä Metso DNA -käyttöliittymän operointipäätteen sivuilta. Myös omia mittauksia tehtiin opinnäytetyön aikana eri

komponenteista ja paikoista muun muassa järjestelmän painemittareiden, erityyppisten lämpömittareiden sekä lämpökameran avulla. Lauhteen poistumista voidaan arvioida selvityksen alkuaikana suoritettujen lämpökamerakuvausten perusteella. SK71:n lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän piirin 1 ja piirin 5 lauhteenpoistimien lämpötilat ja lämpöjakaumat on esitetty kuvassa 14.



KUVA 14. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän lauhteenpoistimet piiri 1 ja 5

Lauhde vaatii uimurilauhteenpoistimesta poistuaakseen positiivisen paine-eron, johon vaikuttaa höyryn määrä, höyrynpaine sekä höyryn ja lauhteen lämpötilat. Lämpökamerakuvien perusteella voidaan todeta, että kuvan 14 vasemman puolen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän (piiri 1) lauhteenpoistin on reilusti kuvan oikeanpuolimmaisesta (piiri 5) lauhteenpoistinta kylmempi. Lämpötilaerot ovat selitettävissä myös kokillitelojen asetuslämpötilojen perusteella. Piirin 1 lauhteenpoistimen väreistä (kuva 14) huomataan, että lauhteenpoistin on kauttaaltaan kylmä eikä sinne pääse höyryä. Lauhde on puuroutunut lämmönvaihtimeen ja lauhteenpoistimeen. Lauhteenpoistimen kuumin kohta on poistimien yhteisen lauhdelinjan laippayhteen kohdalla, joka on selittävässä piirien lauhdelinjassa virtaavan kuumen lauhteen ohivirtauksesta.

Kuvan 14 oikeanpuolimmaisesta poistimesta (piiri 5) on havaittavissa kuumen höyryn ja lauhteen läpivirtaus poistimesta. Piirin 5 lauhteenpoistimen kylmin osa on lauhdelinjan ja poistimen laippaliitoksen välillä, joka on päinvastoin piirin 1

poistimeen verrattaessa. Lauhdeputken laippaliitoksen viileydestä ja uimuripoistimen rungon korkeasta lämpötilasta on pääteltävissä, ettei yllä olevassa lämmönvaihtimessa tapahdu sakkausta ja lauhde poistuu poistimen läpi asiallisesti jäähtyen lauhdelinjassa. Spirax Oy:n ultraäänimittaukset ovat samassa linjassa, lämpökamerakuva-analyysien kanssa. Lämmönvaihtimien lauhdekuorman ja höyryn kohtaamistilanteessa aiheutuvia vesi-iskuja voidaan pitää yhtenä lämmönvaihtimien vikaantumisen aiheuttajana, ja siksi myös Spirax Oy:n ehdotuksena on lauhteenpoistomenetelmien tehostaminen.

7.3 Parannusehdotukset

Kunnossapitoseisokissa ja jälkikäsitellyseisokeissa suorittujen töiden avulla ei saatu korjattua kaikkia ongelmia järjestelmästä. Useiden töiden yhteydessä ilmeni, että tarkistettut komponentit olivat pääsääntöisesti toimintakunnossa eivätkä aiheuttaneet järjestelmissä esiintyneitä häiriöitä.

SK71:n järjestelmien paine- ja lämpötilan ongelmia on korjattu muun muassa automaatiotöillä, kuten painekeytkimien virityksellä sekä säätöventtiilin säätöliikettä nopeuttamalla ja tutkimalla niiden vaikutusta ongelmien ratkaisuun. Myöhemmin juurisyyn todettiin aiheutuvan mekaanisten ongelmien seurauksena. Hälytyksien ongelmien aiheuttajaksi todettiin vuotavat höyrylämmönvaihtimet, vuotava höyryventtiili sekä puhjennut paisuntasäiliön palje.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmille kootut parannusehdotukset ovat suunniteltu pääsääntöisesti molemmille järjestelmille, vaikka suurin osa ongelmista on esiintynyt SK71:n järjestelmässä. On syytä miettiä miksi järjestelmissä esiintyvät ongelmat toistuvat pääsääntöisesti vain toisessa järjestelmässä, vaikka järjestelmät ovat rakenteeltaan ja toimintaperiaatteeltaan identtiset. Selvityksen aikana ei havaittu poikkeavuuksia kalanterien ajo- tai käyttötavoissa, automatiikassa, höyryventtiilien säädössä tai lauhteenpoistossa.

Säästäminen kunnossapidon kustannuksissa tulevaisuudessa oli yksi työn tärkeimmistä tavoitteista. Ongelmia korjaamalla lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toimintavarmuutta on pyritty tehostamaan. Parannusehdotuksia järjestelmien kunnan ja käyttövarmuuden kehittämiseksi pohditaan tässä luvussa.

7.3.1 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien tulevat kunnossapitotyöt

OptiLoad-kalanterien järjestelmille suoritettujen selvityksien pohjalta havaittuja toimintahäiriöitä olivat muun muassa telojen lämmitysongelmat sekä järjestelmän paineenvaihtelut. Ongelmat esiintyivät usein hälytyksinä myös Metso DNA -käyttöliittymässä ja nousivat esille operaattoreita haastateltaessa. Selvityksen aikana kalanterien lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmille suoritettujen kunnossapitotöiden avulla korjattiin havaittuja vikaantumisia ja selvitettiin ongelmien aiheuttajat. Seuraavassa on esitetty korjausehdotuksia järjestelmien ongelmien poistamiseksi.

Paineen, lämmityksen ja komponenttien ongelmat höyry- ja lauhdejärjestelmissä ovat esiintyneet pääsääntöisesti OptiLoad-kalanterilla SK71. Kalanterilla ongelmana on ollut telanvaihdon jälkeinen lämmityksen hitaus sekä lämmityksen ja kiiltävien paperilajien ajojen yhteydessä toistuvasti laukeavat painehälytykset. Useita ratkaisuehdotuksia lämpötilanopeuden tehostamiseksi on mietitty, tutkittu ja työstitetty selvityksessä ja ennen selvityksen aloitusta.

Suoritettavia kunnossapitotöitä SK71:n lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmään ovat vuotavan lämmönvaihtimen vaihto, vuotavan paisuntasäiliön kalvon vaihto, sekä täyttövesilinjan säätöventtiilin toimintakunnon tarkastaminen. Lisäksi lauhdesäiliön pinnanheittelyn tasaamiseksi tulee suorittaa lauhdesäiliön pinnansäätöventtiilin toimintakunnon tarkastamisen ja tarvittaessa myös säätöventtiilin viritys.

Höyrylämmönvaihtimen vuodon aiheuttamia ongelmia suljetussa vesikierrossa ovat muun muassa vesikierron lauhdeveden lämpötilan nousu, vesikierron paineen nousu, järjestelmän paineiskut sekä hukatun höyryn kustannukset. Paineen muutosten, paineiskujen ja lämpötilan nousun johdosta myös muut järjestelmän komponentit voivat vikaantua. Järjestelmän paisuntasäiliö ja sen sisältämä kalvo vastaanottaa vesikierron paineiskuja. Vuotava kalvo täyttää paisuntasäiliön vesilastiin jolloin järjestelmä ei kykene tasaamaan vesikierron painetta. Paineen nousu aiheuttaen järjestelmän painehälytyksen, jolloin järjestelmä sulkee höyryventtiilit ja lämmitys pysähtyy.

Kalanterien SK71 ja SK72 lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmille suositeltavia kunnossapitotöitä ovat muun muassa höyrynsäätöventtiilien tarkistukset, viritykset ja liikenopeuksien säädöt. Lisäksi painekytkimien ja impulssiputkien tarkistukset ja

tyhjennykset tulee suorittaa painehäiriöiden minimoimiseksi. Paine yhteyksien on havaittu olevan tukossa aina paine kytkimien kunnossapitotöiden yhteydessä.

7.3.2 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien uudistusehdotukset

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiin tehtiin useita erityyppisiä mittauksia ja kokeita kokonaisuuden hahmottamiseksi, ongelmien tunnistamiseksi ja ongelmien ratkaisemiseksi. Spirax Oy:lle toimitettiin myös mittaustuloksia, joita olivat muun muassa höyryventtiilien asentojen muutosnopeudet, höyryn ja lämmönvaihtimien lämpötilat, höyrynmäärä jokaista lämmönvaihdinta kohden sekä höyrynpaineen ja höyrynmäärän mittaustulokset. Muita yritykselle toimitettuja arvoja olivat lauhdelinjan korkeuseron ja lauhdesäiliön paineen mittaustulokset.

Useiden lähteiden mukaan höyrylinjan kulutuskohteeseen johdetun höyryn lähtö tulee ottaa aina höyryputken yläpinnasta. Näin minimoidaan höyrylinjassa muodostuvien lauhdeiden päätyminen käyttökohteeseen. Lämmönvaihtimissa lauhde toimii eristeenä hidastaen lämmönsiirtymistä. Lauhdelaistissa olevassa lämmönvaihtimessa lauhteen ja höyryn välille muodostuu rajapinta, jota vaihtimeen siirtyvä höyry lämmittää. Lämmönvaihtimen lauhteen ja höyryn rajapinnassa lauhde aikaa kiehua, muodostaen höyrykuplia vaihtimen sisälle. Haapalaakson ja Kettusen mukaan höyrykuplien romahtaessa seurauksena on paineisku, joka syö lämmönvaihtimien sisäpinnan materiaalia. (15, s. 38; 31; 32, s. 6.)

Lämmönvaihtimien säätöventtiilien höyryputken haarat on johdettu höyrylinjan pohjasta. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän suunnitteluratkaisun myötä säätöventtiilin eteen syntyy lauhdetasku. Kun säätöventtiili on kiinni, lauhde pakkautuu kyseiseen lauhdetaskuun osaksi myös väärän tyyppisen höyryn jakolinjan vesitysratkaisun seurauksena. Höyrynsäätöventtiilin avauduttua lauhde virtaa suoraan lämmönvaihtimelle suurella paineella ja nopeudella aiheuttaen vesi-iskuja. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien vesitykset on johdettu höyrylinjan piiriin 1 kohdalta suoraan lauhdelinjaan, jonka seurauksena lauhdetta kerääntyy höyryjakolinjan perälle.

Spirax Oy:n parannusehdotuksia olivat muun muassa juuri ennen säätöventtiilejä haarautuvan höyrylinjan päähän asennettava vesitysratkaisu. Ratkaisuehdotuksessa putkilähtöjä muutetaan niin, että höyrylämmönsiirtimien tulot johdetaan höyryputken päältä. Ehdotuksena oli, että vaihtoehtoisesti voidaan asentaa oma vesitys ennen säätöventtiileiden laskuhaaraa jokaiselle viidelle piirille. Tällöin suurempia höyrylinjan muutostöitä ei tarvita ja sen linjan haarat lämmönsiirtimille voitaisiin jättää ennalleen. (30; 31; 32, s. 4 - 7.)

Lauhteenpoiston katsottiin olevan tehotonta ultraäänimittauksien ja lämpötilamittauksien perusteella piireillä 1 ja 2, molempien OptiLoad-kalanterien lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä. Spirax Oy ehdotuksena oli, että vanhat uimuripoistimet korvataan pumppulauhteenpoistinkoneikolla ja muilla tarvittavilla putkistovarus-teilla, jotka asennetaan nykyisten lauhteenpoistimien tilalle. Lauhdepumpuille on suositeltavaa rakentaa myös oma lauhdelinja lauhdesäiliölle asti. (30; 31; 32, s. 5 - 7.)

Spirax Oy:n ehdotuksena oli asentaa automaattiset tyhjennysventtiilit ja muut tarvittavat putkistovarus-teet piireille 3 - 5 molemmille lämmitys- ja jäähdytys järjestelmille. Venttiilien avulla varmistetaan lämmönvaihtimien ja niiden jälkeisen lauhdeputken nousun muodostaman lauhdepussin tyhjentyminen lauhteesta ennen höyrynsäätöventtiilien avautumista lämmitykseen ryhdyttäessä. (30; 31; 32, s. 4 - 7.)

7.3.3 Henkilöstön perehdyttäminen

Selvityksessä tehtyjen haastatteluiden, NET-turvallisuustoimenpiteiden ja kunnossapitotöiden aikana huomattiin, ettei kaikkien operaattorien ja kunnossapitäjien käsitys lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän toimintaperiaatteesta ja sen komponenteista olleet ennestään tuttuja. Operaattoreilta saadun palautteen mukaan ei järjestelmän toimintaan ja komponentteihin ole järjestetty asianmukaista koulutusta muun muassa NET-toimenpidekaavakkeiden täyttämiseksi. Selvityksen edetessä esitettiin pyyntöjä perehdytyksen järjestämiselle.

Kunnossapitoseisokkeihin ryhdyttäessä järjestelmien NET-tilojen teon, NET-kaavakkeiden löytämisen ja noudattamisen kanssa esiintyi ongelmia. Joidenkin venttiilien huomattiin olevan väärässä tilassa edellisien kunnossapitoseisokkien tai

operaattoreiden omien korjausyritysten vuoksi. Parannusehdotuksena on lisätä OptiLoad-kalantereilla työskentelevien operaattoreiden tietoisuutta järjestelmästä perehdytyksen avulla.

Ensimmäisessä kunnossapitoseisokissa opinnäytetyön selvityksen aikana lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä asetettiin NET-tilaan ja purettiin NET-tilasta NET-toimenpidekaavakkeen mukaisesti. Seuraavalla viikolla huomattiin, että järjestelmien putkilinjojen kova pauke ja paineiskut olivat poistuneet. Paineiskujen syyksi epäillään suljettua tai kuristettua käsiventtiiliä SK71:n täyttövesilinjassa, jonka normaalitilanteessa tulee olla auki.

Koulutusta on syytä järjestää myös kunnossapito-organisaation jäsenille höyry- ja lauhdejärjestelmiin liittyen. Koulutuksien avulla annetaan hyvät lähtökohdat kunnossapitäjille koko tehtaan laajuisen höyry- ja lauhdejärjestelmän toiminnan ja kunnossapidon hallintaan. Useat höyry- ja lauhdepuolen erikoistyöt, kuten lauhteenpoistimien kuntoarviot ja virtausmittaukset voitaisiin suorittaa ennakkohuoltolina tehtaan oman kunnossapito-organisaation toimesta. Koulutuksilla minimoidaan virheellinen toiminta ja samalla pidennetään koko järjestelmän käyttöikää.

7.3.4 Ennakkohuolto-ohjelma

Ennakkohuolto-ohjelman päivittämistä pohdittiin kalantereille tehtyjen kunnossapidotöiden tulosten perusteella. Kunnossapito-ohjelmaan sisältyviä töitä mietittiin tarkkaan tuloksellisen ja kustannustehokkaan ohjelman saavuttamiseksi. Kunnossapito-ohjelmien ylimitoittamisen vaarana ovat muun muassa tehottomat työmenetelmät, turhat kunnossapitotyöt sekä suunnittelun puute.

Häiriöttömän toiminnan ja korkeamman toimintavarmuuden saavuttamiseksi tulee molemmissa järjestelmissä lisätä oleellisten komponenttien tarkastuksia ja jaksotettua huoltoa. Komponenttien valmistajien ohjeistuksista ilmeni, että osa komponenteista tuli tarkastaa ja huoltaa säännöllisin väliajoin. Huolettavia komponentteja ja huoltojen aikaväliehdotuksia on esitetty ennakkohuolto-ohjelman parannuksissa.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien nykyiseen ennakko-ohjelmaan lisättäviä töitä ovat seuraavat:

- ilmanpoistimien toimintakunnon tarkistukset
- paisuntasäiliöiden paineen tarkistukset
- lauhteenpoistimien kuntotarkistukset
- painemittareiden tarkistukset.

Perusteellisempia ja vaativimpia tarkistuksia varten tulee OptiLoad-kalanteri pysäyttää ja sen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä saattaa NET-tilaa. Kunnossapitotöitä, jotka tulisi suorittaa noin yhden vuoden välein, ovat

- täyttövesilinjan paineanturin tarkistus
- varoventtiilien määräaikaishuollot
- painekeytkimien virityksien tarkistaminen
- muttaskujen tarkistukset
- lauhteenpoistimien virtausmittaukset ja kuntotarkistukset.

Ehdotuksena on päivittää nykyistä ennakko-ohjelmaa muun muassa tarkentamalla jo olemassa olevien töiden toimintopaikkoja, suoritettavia toimenpiteitä sekä lisäämällä huollettavien ja tarkistettavien kohteiden määrää ehdotuksien mukaisesti. Lisäksi järjestelmien kannalta kriittisten varaosien kuten lämmönvaihtimen, höyryventtiilin, lauhteenpoistimen ja pumppujen tilaaminen varastoon on oleellinen ja tärkeä parannusehdotus järjestelmän toimintavarmuuden ja kustannustehokkuuden kehittämiseksi.

8 YHTEENVETO

Tässä työssä analysoitiin Stora Enson Nuottasaaren PK7-linjan OptiLoad-kalanterien lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä esiintyviä ongelmia. Opinnäytetyön aihe OptiLoad-kalanterien lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän selvitys oli haastava, mutta erittäin mielenkiintoinen. Työstä tuli kattava, ja työn suorittamiseen käytettiin runsaasti aikaa. Työn pohjalta suoritettiin eri toimenpiteitä kalantereiden lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän käyttövarmuuden ja -käytettävyyden parantamiseksi.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät ovat toiminnallisesti laaja ja haastava kokonaisuus, mikä mahdollisti tämän opinnäytetyön teon. Ennakkohuolto-ohjelman niukka sisältö ja korjaavan kunnossapidon toimintamalli tekivät järjestelmän kunnossapidosta osittain puutteellista. Toistuvat lämmitys- ja paineongelmat yhdessä komponenttien vikaantumisien kanssa muodostivat kehityksen tarpeen järjestelmien ongelmakohtien selvittämiseksi ja ennakkohuolto-ohjelmien kehittämiseksi.

Tämän opinnäytetyön avulla kartoitettiin ja korjattiin lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmässä esiintyviä ongelmia. Parannusehdotuksia luotiin ennakkohuolto-ohjelman täydentämiseksi ja päivittämiseksi. Muita parannusehdotuksia olivat muun muassa suunniteltujen kunnossapitotöiden toteuttamiset ja Spirax Oy:n kanssa laaditut muutosehdotukset. Lisäksi parannusehdotuksena on perehdyttää OptiLoad-kalanterien operaattoreita lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien rakenteesta ja käytöstä sekä Efora Oy:n kunnossapitäjiä höyry- ja lauhdejärjestelmien kunnossapitoon.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien kunnossapitotöiden työturvallisuutta ja töiden aloittamista pyrittiin helpottamaan ja parantamaan muun muassa SK72:n höyrylinjan sulkuventtiilin lisäyksellä. Lisäksi järjestelmien NET-työturvallisuuslomakkeet laadittiin ja päivitettiin. Myös tuotannon ja kunnossapidon työskentelyä helpottavia komponenttien tunnistekylttejä tilattiin.

Opinnäytetyön teon ja selvityksen yhteydessä sain paljon uutta tietoa ja ammatillista osaamista höyrystä, lauhteesta, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmistä, OptiLoad-kalantereista, kunnossapidosta sekä kunnossapito-organisaation tehtävistä. Uskon, että tämä opinnäytetyö on hyödyllinen sen mahdollistaneelle yritykselle. Lisäksi toivon, että opinnäytetyön tulokset parantavat OptiLoad-kalanterien lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien käyttövarmuutta ja että työn tuloksia voitaisiin hyödyntää myös tulevaisuudessa esiintyvien ongelmien ratkaisuun jopa muissa saman tyyppisissä järjestelmissä. Keskeisenä tuloksena voidaan todeta, että tulevaisuuden huoltotarpeen väheneminen säästää kunnossapitokustannuksia vuositasolla merkittävästi ja tuotantokatkosten lyheneminen parantaa tuotannon tehokkuutta, jolloin kannattavuus paranee.

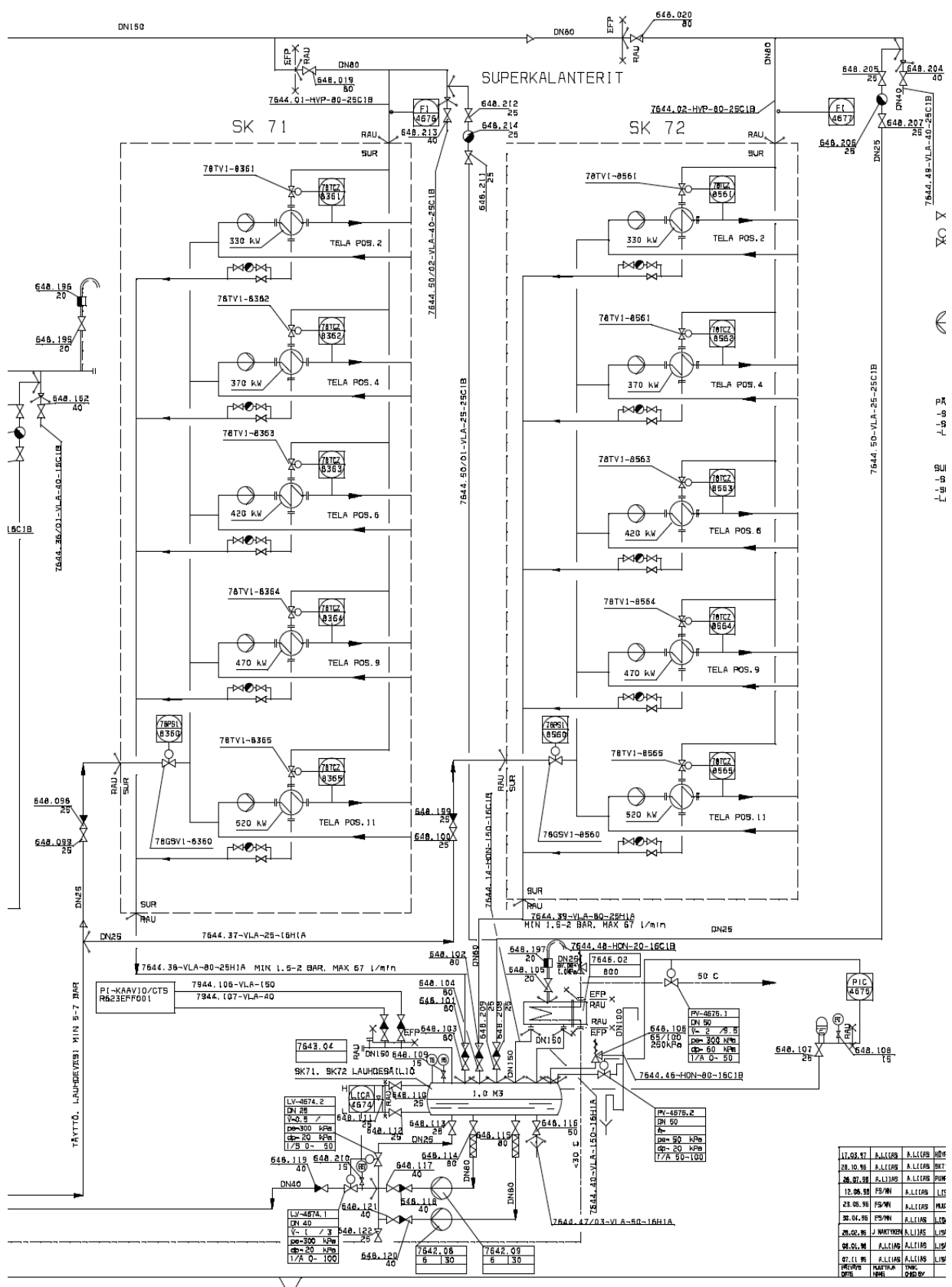
LÄHTEET

1. Stora Enso. Saatavissa: <http://www.storaenso.com/lang/finland>. Hakupäivä 7.4.2016.
2. Oulu Mill tehdasesittely. Stora Enso Weshare. Saatavissa: <https://oulu-mill.weshare.storaenso.com/tehdasesittely/Pages/yksi-suurimmista-ja-nykyaikaisimmista.aspx> (vaatii salasanan). Hakupäivä 7.4.2015
3. Tietoa meistä. Efora Oy. Saatavissa: <http://www.efora.fi>. Hakupäivä 7.3.2016.
4. Järviö, Jorma 2006. Kunnossapito. 3. painos. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab.
5. Järviö, Jorma – Lehtiö, Taina 2012. Kunnossapito. Tuotanto omaisuuden hoitaminen. 5. uudistettu painos. Helsinki: Copy-set Oy.
6. PSK 6201. 2011. Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät. 3. painos. PSK Standardisointiyhdistys ry. Saatavissa: <http://www.psk-standardisointi.fi.ezp.oamk.fi:2048/Standard/Ryhma62/psk6201.pdf> Hakupäivä 25.1.2016.
7. PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. painos. PSK Standardisointiyhdistys ry. Saatavissa: http://www.psk-standardisointi.fi.ezp.oamk.fi:2048/Standard/Ryhma75/PSK%207501_2p.pdf Hakupäivä 25.1.2016.
8. Arjas, Antti – Joutsijoki, Jukka – Mälkiä Hannu 1983. Paperin Valmistus III. Suomen paperi-insinöörien yhdistyksen oppi- ja käsikirja. 2. täysin uudistettu painos. Turku: Oy Turun Sanomat/Serioffset.

9. KnowPap versio 15.0 2013. Paperitekniiikan ja automaation oppimisympäristö. Poweredge Oy. (vaatii salasanan). Saatavissa: http://intra.corp.storaenso.com/knownow/KnowPap/suomi/knownowpap_system/user_interfaces/front-page.htm Hakupäivä 2.2.2016.
10. Häggblom-Ahnger, Ulla – Komulainen, Pekka 2003. Paperin ja kartongin valmistus. Opetushallitus. 3. tarkistettu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
11. OptiLoad-kalanterit SK71 & SK72. 1997. Kalanterikirja. Valmet Oy. Stora Enson dokumenttiserveri. (vaatii salasanan). Saatavissa: https://weshare.storaenso.com/sites/oulumill_Dokumentit/PK7%20tuotantolinja/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2Fsites%2Foulumill%5FDokumentit%2FPK7%20tuotantolinja%2FKalanterit%2FSuperkalanteri& Hakupäivä 12.2.2016
12. Metso DNA -huoltokoulutus 2015. PowerPoint-diasarja. Metso Oyj.
13. Automaatiokirja. 1997. Sähköistyksen ohjeet. 7AUKORJ. 276K001. Valmet Oy. Stora Enso Fine Papers Oy
14. Höyry- ja lauhdejärjestelmät. Koulutusmateriaali. Helsinki. Spirax Sarco Oy.
15. Teollisuuden höyry- ja lauhdejärjestelmät. 1978. Helsinki. Oy E Sarlin Ab.
16. Höyry- ja lauhdejärjestelmien suunnittelu. 2006 - 2008. Helsinki. Spirax Sarco Oy
17. Höyry- ja lauhde siirtojärjestelmä. 2011. Käyttö ja kunnossapitohenkilöstön ohjeistus. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/4893/HOLA_kaytto-kunnossapito_ohjeistus_2011.pdf Hakupäivä 6.4.2016.

18. Energia tehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä. 2015. Koulutusmateriaali. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/10350/Energiatehokas_hoyry-ja_lauhdejarjestelma_VERKKOKOULUTUSAINEISTO_2015.pdf Hakupäivä 6.4.2016.
19. Käyttö ja huolto-ohjeet kansio. 1997. Lämmitys ja jäähdytysjärjestelmä. 308. Valmet Oy – AB Conelppa. Stora Enso Fine Papers Oy.
20. Käyttö ja huolto-ohjeet kansio. 1997. Lämmitys ja jäähdytysjärjestelmä. 308. Jäähdyttämättömät lämmönsiirtoöljyt-/ kuumavesipumput. Valmet Oy – AB Conelppa. Stora Enso Fine Papers Oy.
21. Käyttö ja huolto-ohjeet kansio. 1997. Lämmitys ja jäähdytysjärjestelmä. 308. Neles Jamesbury. Pneumaattiset sylinteritoimilaitteet. Valmet Oy – AB Conelppa. Stora Enso Fine Papers Oy.
22. Käyttö ja huolto-ohjeet kansio. 1997. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä. 308. Cetecoil instruction manual Valmet Oy – AB Conelppa. Stora Enso Fine Papers Oy.
23. Reflex kalvopaisunta-astiat. Reflex tuoteluettelo 2002 – 2003. Saatavissa: http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Tuotteet/Lämpö%20ja%20vesi/Putkistotuotteet/reflex_luettelo.pdf Hakupäivä 5.2.2016.
24. Ylikörkkö, Olli 2016. Työnjohtaja, Efora Oy. Haastattelu 8.2.2016.
25. Sipola, Antero 2016. Kunnossapitoinsinööri, Efora Oy. Haastattelu 5.2.2016.
26. Metso DNA -käyttöliittymän operointipalvelin. Lämmitys ja jäähdytysjärjestelmän piirikaavio 35.2.8. Stora Enso Fine Papers Oy. Haettu 25.1.2016.

27. SAP-järjestelmä, Efora Oy. Stora Enso Fine Papers Oy. Haettu 25.1.2016.
28. Höyry- lauhdesiirtojärjestelmä. 2011. Energiakatselmuksen tarkennetut toteutusohjeet. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/8896/H_L_toteutusohje_2011.pdf Hakupäivä 30.4.2016.
29. Metso DNA -käyttöliittymän operointipalvelin. Höyry ja lauhde piirikaavio Stora Enso Fine Papers Oy. Hakupäivä 25.1.2016.
30. Haapalaakso, Esa 2016. Huoltoteknikko, Spirax Oy. Haastattelu 17.2.2016.
31. Kettunen, Juha 2016. Product Manager, Spirax Oy. Puhelinhaastattelu. 7.4.2016.
32. Kettunen, Juha 2016. Spirax selvitys Stora Enso Oulu PK7 LÄJÄ-kierto. Mitatulosten raportti. Spirax Oy. 15.4.2016.





Mikäli käytetään ryhmälukkoa, lukittu kohtaan laitetaan luvon numero

Positio / konepaikka	Position nimi	Turvakytkin		Pääkytkin		Vahinkokäynnistyksen estokytkin			Käsiventtiili			Katkaisija avattu	Sulakkeet poistettu / erotin auki	Johtimet / kaapelit irrotettu	Automaattiventtiili tai muu laite					Lisätietoja takasivulla	NET-toimet testattu kuitaus	Palautettu normaalitilaan kuitaus	
		0	Lukittu	0	Lukittu		0	Lukittu		Auki	Lukittu				Kiinni	Katkais- tava liitin	Mek lukittu	Paine ilma	Pakko- ohjaus				Auki
787.187	Pumppu 1		x																		Viite 1		
787.188	Pumppu 2		x																		Viite 2		
7648.020	Höyryventtiili										x										Viite 3		
7648.019	Höyryventtiili										x										Viite 4		
7648.103	SK71 lauhdelinja										x										Viite 6		
7648.104	SK72 lauhdelinja										x										Viite 7		
208 & 209	Höyrylinjan vesitys										x										Viite 8		
27948.096	Pastakeittiö										x										Viite 9		
27948.094	Pastakeittiö										x										Viite 10		
27948.211	Pastakeittiö										x										Viite 11		
saksinostin											x										Viite 12		
N62 pilari	Kempuvesi										x										Viite 12		
7648.121	Pumpun käsiventtiili										x										Viite 13		
7648.117	Pumpun käsiventtiili										x										Viite 14		
7648.116	Säiliön tyhjennys käsiventtiili								x												Viite 15		
7648.122	Säiliön tyhjennys käsiventtiili								x												Viite 16		
																					Viite 17		
																					Viite 18		
																					Viite 19		
																					Viite 20		

LISÄTIEDOT

Muista merkittä ko. viitenumeron laatikkoon rasti merkiksi lisätiedoista
Merkitse rivin alkuun viitenumero "Lisätiedot takasivulla" -sarakeesta

Viite-
numero

Stora Enso Oyj
Oulun tehdas



TYÖKOHTEEN TURVALLISUUSTOIMENPITEET

Linja tai osasto: PK7 / JK7

Työlistan järjestysnumero:

Pvm 19.4.2016

Työkohtede tai prosessikuvaus:

SK71 telan 4 höyryventtiilin vaihto

Konepaikka tai positio:

78TVI-8362

Työkohteen toimenpidekaavake on täytettävä, jos työkohteessa tehdyn vaaranarvioinnin perusteella on havaittu turvallisuusrisi.

Toimenpidekaavaketta voi käyttää myöskin sellaisessa tapauksessa, jos työ vaatii prosessissa tai laitteissa/laitteistossa tehtäviä
kytkentämuutoksia tai lukituksia. Tarkemmat ohjeet: "Työkohteen turvalliseksi tekeminen ja vahinkotoiminnon estäminen työskentelyn
aikana liitteeseen

NET – TILAN VAARAN ARVIOINNIN KÄYTETTÄVÄ TARKASTUSLISTA

Kirjallinen työluupa tarvitaan aina, jos "NET-TILA, VAARALLISET TYÖKOHTEEN VAHINKOTOIMINNOT" arvioinnin perusteella pidetään
tapaturmariskinä yhtä tai useampaa vaaratekijää tai jos se muuten katsotaan tarpeelliseksi. Käytettävät suojavälineet määritellään
vaaranarvioinnissa. Suoritettavat toimenpiteet on eritellettävä tämän lomakkeen kääntöpuolella olevaan toimenpidekaavakkeeseen.

A. NET-TILA, VAARALLISET TYÖKOHTEEN VAHINKOTOIMINNOT

koneen/laitteen sähköinen vahinkokäynnistyminen
koneen/laitteen mekaaninen liike, mm potentiaalienergia
hydraulikkatyöt
pneumatiikkatyöt
säiliötyöt
prosessin/osan -, laitteen -, tai järjestelmän purkutyöt
pallo- ja/tai räjähdysvaara
happettomat olosuhteet, hukkumis-/uppoamisvaara
vaarallinen aine (myrkylliset, lämpötila, määrä, paine)

Vaaranarvion päätös

Ei Kyllä

x x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

B TYÖYMPÄRISTÖ JA HAITALLISET KUORMITUSTEKIJÄT

haalaukset, raskaat nostot
trukki ym. sisäinen liikenne
portaat, pääsytiet
työlasien kunto, tarve telineille, henkilönostot
putoamisvaaralliset työt
kappaleiden putoaminen
purku ym. jätteiden käsittely ja poisto
työasennot, työn raskaus
valaistus, melu, lämpötila, säteily, värinä ym.
sähköiskun vaara

Vaaranarvion päätös

Ei Kyllä

x x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

C. NET – TOIMENPITEIDEN LISÄKSI TARVITTAVAT MUUT TURVALLISUUSTOIMENPITEET (kohdasta B.)

Kaasuvaaran- ja kemikaalipitoisuuksien mittaus

☐ Kyllä

Käytettävät henkilösuoja-aimet:

tuot kupi HUOMAUTUS

Turvakumisaappaat
Suojalasit
Kasvosuojain
Suojakäsineet
Kemikaalisuojavaatetus
Turvavyö / valjaat
Hengityssuojain
Painelmalaitteet

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

Kirjallinen työluupa

☐ ja

Pvm:

Luvan antajan nimi:

Työluupa saatu puhelimella

☐ ja

Pvm:

Luvan antajan nimi:

Pvm Allekirj.

Pvm Allekirj.

Työluvan allekirjoittaja(t) normaalitilanteissa

1. jos, prosessiin liittyvä niin tuotannon esimies
2. jos, kunnossapitotyö, niin kupin esimies
3. jos, työ molempia niin molemmat allekirjoittavat

NET -toimenpidekaavakkeen toimenpiteet suoritettu

Allekirjoittaja(t), NET toimenpiteiden suorittajat, jos useita eri suorittajia suorittajien kuittaukset näkyvät toimenpidekaavakkeessa

Useiden eri henkilöiden suorituksen kyseessä ollessa toimenpidekaavakkeen tekijä päättää minkä suorituksen tekijä kuittaa kaikki toimenpiteet suoritetuksi



TOIMENPIDEKAATAVAKE

Mikäli käytetään ryhmälukkoa, lukittu kohtaan laitetaan lukon numero

Oulun tehdas

Positio / konepaikka	Position nimi	Turvakytkin		Pääkytkin		Vahinkokäynnistyksen estokytkin		Käsiventtiili			Katkaisija avattu	Sulakkeet poistettu / erotin auki	Johtimet / kaapelit irrotettu	Automaattiventtiili tai muu laite						Lisätietoja takasivulla	NET-toimet testattu kuittaus	Palautettu normaalitilaan kuittaus
		0	Lukittu	0	Lukittu	0	Lukittu	Auki	Lukittu	Kiinni				Katkais- tava liitin	Mek lukittu	Paine ilma	Pakko- ohjaus	Auki	Kiinni			
7824.12	turvakytkin		x																	Viite 1		
7648.099	veden täyttöventtiili									x										Viite 2		
7648.019	höyryventtiili									x										Viite 3		
7648.213	tyhjennysventtiili							x												Viite 4		
*12.3	lämmönvaihtimenventtiili									x										Viite 6		
*12.4	lämmönvaihtimenventtiili									x										Viite 7		
7824.212	Lauhdelinjan venttiili									x										Viite 8		
*13.6	Täyttöventtiili									x										Viite 9		
*13.5	Tyhjennysventtiili							x												Viite 10		
saksinostin	Venttiiliä ei positiota. Löytyy SK71 hydr huoneen yläpuolelta									x										Viite 11		
7648.103	Höyryventtiili									x										Viite 12		
	Lauhdesäiliön venttiili																			Viite 13		
																				Viite 14		
																				Viite 15		
																				Viite 16		
																				Viite 17		
																				Viite 18		
																				Viite 19		
																				Viite 20		



Oulun tehdas

TOIMENPIDEKAATAVAKE

Mikäli käytetään ryhmälukkoa, lukittu kohtaan laitetaan lukon numero

Positio / konepaikka	Position nimi	Turvakytin		Pääkytkin		Vahinkokäynnistyksen estokytin		Käsiventtiili			Katkaisija avattu	Sulakkeet poistettu / erotin auki	Johtimet / kaapelit irrotettu	Automaattiventtiili tai muu laite						Lisätietoja takasivulla	NET-toimet testattu kuittaus	Palautettu normaalitilaan kuittaus
		0	Lukittu	0	Lukittu	0	Lukittu	Auki	Lukittu	Kiinni				Katkais- tava liitin	Mek lukittu	Paine ilma	Pakko- ohjaus	Auki	Kiinni			
			x																			
7824.12	turvakytkin									x										Viite 1		
7648.099	veden täyttöventtiili									x										Viite 2		
7648.019	höyryventtiili									x										Viite 3		
7648213	tyhjennysventtiili							x												Viite 4		
`12.3	lämmönvaihtimenventtiili									x										Viite 6		
`12.4	lämmönvaihtimenventtiili									x										Viite 7		
7648.101	Lauhesäiliöventtiili									x										Viite 8		
`13.6	Täyttöventtiili									x										Viite 9		
`13.5	Tyhjennysventtiili							x												Viite 10		
78TVI-8362	Höyryventtiili													x					x	Viite 11		
																				Viite 12		
																				Viite 13		
																				Viite 14		
																				Viite 15		
																				Viite 16		
																				Viite 17		
																				Viite 18		
																				Viite 19		
																				Viite 20		